



Den skogliga informationens roll i ett kund- anpassat virkesflöde.

- En bakgrundsstudie samt simulering av inventerings-
metoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser
till sågverk.

Hans Djurberg

Arbetsrapport 11 1996



Den skogliga informationens roll i ett kund-anpassat virkesflöde.

- En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetodernas inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk.

Hans Djurberg

Arbetsrapport 11 1996

Examensarbete i skogsuppskattning och skogsindelning
Handledare: Göran Ståhl

ABSTRACT

This MSc thesis is divided into two parts. The first part deals with the need for information from forest compartments selected for clear cutting, in connection with planning in an integrated forest- and sawmill enterprise. A review of literature is followed by a case study, where present conditions in a Swedish forest company are compared with current research in the area. The second part consists of a simulation study, which aims at comparing the accuracy of inventory estimates using different methods. The estimates are delivery forecasts, covering one month consumption of timber in a large sawmill. The range of inventory designs includes systematic circular plot sampling as well as the use of register data in combination with a data base containing tree data. The results, i.e the forecasts and their standard errors, are presented separately for tree species, log type and diameter class.

In many Swedish sawmill companies of today, there is a trend in production philosophies towards a greater adaption to customer demands. As a component in this process, the requirements on the flow of raw material will change. The right assortment, of the right quality, must be delivered at the exact right time. Due to the time span between harvest and delivery of timber from the forest, the mills will depend upon adequate forecasts. This implies controlled bucking to meet the demands from the mill, as well as improvement of existing models for predicting log yield from single forest stands. The stand data must allow flexible computerized bucking simulation, allowing adjustment to specific requirements at different points in time, generating prognoses for the distribution of logs into log classes after harvesting. Data used in the models can be collected through forest inventory or by using stand register data. In the latter case, the diameter distribution must be constructed from the known stand characteristics, by the use of mathematical models or by assignment from a data base with stem data.

It might seem obvious that the information used in the models should be the best possible, but inventory actions are costly. The "total cost" of an inventory consists of two parts, one being the cost of performing the inventory and the other the expected loss, due to inoptimal decisions caused by erroneous data. The optimal solution is given by the minimization of the two components. Customer orientated production in a sawmill might entail great losses, due to lack of precision in prognoses regarding raw material, for products produced in close cooperation with important customers compared to standard products. Thus, different data acquisition policies should be used in stands containing different kinds of timber, to create prognoses adapted to the actual requirements in the industry.

The integration between forest management and the sawmill industry, creating a customer oriented flow of raw material, is slowed down because of difficulties in expressing the demands on the raw material - the timber. In addition to this, the ability to forecast log yield is insufficient, as well as the routines for follow-up between sawmills and forest departments. Large Swedish forest enterprises have the best prospects for overcoming these obstacles, due to large forest holdings as well as a modern sawmill industry. The use of information from forest stands harvested, for adapting the composition of the timber deliveries to the demands from the mills, will constitute a competitive edge for these companies. The development of systems such as computerized bucking control, information technology, including cordless communications, and positioning by satellite, creates the technical opportunities for tailoring the wood flow to customer requirements.

Normally, when studying sampling methods for estimating log yield after clear cutting, the results are presented as total volumes of timber for pine and spruce. The results from the study indicate that the marginal benefit of sampling 25 sample plots, instead of 10, is small. The standard error of the estimate of total volumes is lowered by only 1%, although the cost is more than doubled - from 40 000 SEK to 92 000 SEK, for a total volume of 50 000 m³fub. If no

inventory action is performed, and instead register data connected to a data base containing tree data is used, the estimates are still useful. There is no variable cost using this method. The method for using register data outlined here is very straight forward and simple. By developing the constitution of the data base and the routines for assigning substitute data, it should be possible to improve the technique substantially.

However, if the results are broken down on estimates of volumes distributed into combinations of tree species, log type and diameter class, large variation becomes visible. This is most evident for butt logs with large diameter, where the standard error might amount to 50%, although the standard error for the total volume is only 3-4%. This implies that more intensive inventory designs should be used in compartments with large mean diameter. The term "adapted inventory design" is used to describe an inventory scheme in which different designs are used depending on the properties of the compartment. More intensive designs are allocated to compartments with high values for mean diameter, mean height and stock. In other compartments more extensive inventory designs are used, e.g register data connected to a data base. Thus, the resources are allocated to compartments containing desired timber trees, and the estimates for selected segments are improved. The results indicate that it is possible to lower the standard errors for estimates of volumes in selected segments by using adapted inventory designs. This is done without increasing the over all inventory cost, compared to a common method in practice today.

FÖRORD

"Divide and Conquer"

Föreliggande uppsats utgör examensarbete vid jägmästarlinjen, Sveriges lantbruksuniversitet, skogsvetenskapliga fakulteten. Omfattningen är 20 studiepoäng vilket motsvarar 20 veckors heltidsarbete. Arbetet har utförts vid Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Värdföretag för studien har varit SCA Forest and Timber.

Jag vill ta tillfället i akt att tacka de personer som hjälpt mig övervinna de i vissa stunder till synes ändlösa anhopningar av svårigheter, som kantat vägen mot färdigställande av studien. Vid universitetet tänker jag allra först på Henrik Feychting, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Utan Henriks hjälp och ovärderliga stöd vid programmeringen av simuleringsmodellerna, hade jag fortfarande suttit, febrig, knackandes Pascalkoder. Därtill min handledare Göran Ståhl, vid samma institution, som med sin vetenskapliga skarpsynthet hjälpt mig finna en struktur i det oformliga och en förståelse för inventeringsteoriernas inre väsen. Jag vill dessutom tacka Bertil Westerlund, även han från nämnda institution, som utfört de utbytesberäkningar som ligger till grund för inventeringsstudien. Till stöd har även de andra studenter vid fakulteten funnits, som liksom jag valt datasalen framför skidspåren - jag har sett dem komma och gå under glada tillrop. Närmast tänker jag på mina kurskamrater i Jägmästarkurs 91/95. Tack!

Vid SCA Forest and Timber vill jag tacka min handledare Magnus Larsson, SCA Skog AB, som initierat arbetet och som besitter såväl stor kunskap inom området, som god förståelse för arbetsformens särdrag. Bland övriga inom koncernen vill jag speciellt nämna Anders Ek, Magnus Hedin och Fredrik Nordin, samtliga vid SCA Timber AB, för att de tog sig tid att förklara hur sågverksnäringen fungerar och, lika viktigt, inte fungerar. Jag hoppas verkligen att mina resultat kan hjälpa Er ett stycke på vägen mot ett anpassat virkesflöde mellan skog och sågverk.

Nu är ovanstående tes, hämtad ur en lärobok i Pascalprogrammering, bekräftad - Söndra och härska. Men glöm inte att själv bli hel igen!

Umeå april 1996

Hans Djurberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT.....	1
FÖRORD	4
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
INLEDNING	7
BAKGRUND.....	7
SYFTE	7
DISPOSITION	7
TERMER.....	8
SAMMANFATTANDE DISKUSSION.....	9
OM KUNDANPASSNING OCH INFORMATIONSBEHOV.....	9
OM INVENTERING	9
FALLET SCA FOREST AND TIMBER.....	12
KONKLUSIONER	13
DELSTUDIE I. KUNDANPASSNING AV VIRKESFLÖDE.....	14
1 INLEDNING.....	14
1.1 Bakgrund	14
1.2 Syfte	14
2 KUNDANPASSNING AV VIRKESFLÖDE	15
2.1 Allmänt.....	15
2.2 Hinder på vägen mot ett kundanpassat virkesflöde	15
2.2.1 Allmänt	15
2.2.2 Problemområden.....	16
2.2.3 Leverans Just-In-Time	17
2.3 Dagens möjligheter.....	17
2.3.1 Allmänt	17
2.3.2 Kommunikation mellan skog och sågverk	18
2.3.3 Prognostisering av utfall från avverkningsobjekt.....	18
2.3.4 Apterling, rapportering och uppföljning vid avverkning.....	20
2.3.5 Summering av utvecklingsmöjligheter.....	20
3 FALLET SCA FOREST AND TIMBER.....	21
3.1 Företagsbeskrivning	21
3.2 Strategi för utveckling.....	21
3.3 Virkesflöde	22
3.3.1 Allmänt	22
3.3.2 Dagens situation.....	23
3.3.3 Utvecklingsmöjligheter.....	24
3.3.4 Slutsatser efter fallstudie.....	25
DELSTUDIE II. ANPASSAD INVENTERING.....	27
1 INLEDNING.....	27
1.1 Bakgrund	27
1.2 Syfte	27
2 LITTERATURÖVERSIKT.....	28
2.1 Inventeringens roll i skoglig planering.....	28
2.2 Inventeringsmetoder	28
2.3 Val av metod.....	29
2.3.1 Kriterier.....	29
2.3.2 Bästa val.....	29
3 MATERIAL	31

4 METODER	31
Allmänt.....	31
4.1 Gruppering av avdelningar	31
4.2 Utbytesberäkning	32
4.3 Simulering av inventering.....	33
4.3.1 Allmän översikt.....	33
Programsteg	34
4.3.2 Inventeringsstudie med bootstrapping	35
4.3.3 Inventeringsdesign	36
4.3.4 Kostnadsberäkning.....	37
5 RESULTAT.....	38
5.1 Om resultaten.....	38
5.2 Volymkattning per trädslag och totalt.....	38
5.3 Volymkattning per sortiment.....	39
5.3.1 Grundalternativ	39
5.3.2 Anpassad inventering.....	42
6 DISKUSSION	44
6.1 Volymkattning per trädslag och totalt.....	45
6.2 Volymkattning per sortiment	45
6.2.1 Grundalternativ	45
6.2.2 Anpassad inventering.....	46
6.3 Slutsatser efter inventeringsstudie	46
LITTERATURFÖRTECKNING	47
BILAGOR	51
Bilaga 1 Beskrivning av standardavvikelse och konfidensintervall	
Bilaga 2 Sammansättning av klustrer	
Bilaga 3 Inventering med 2 provytor	
Bilaga 4 Inventering med 10 provytor	
Bilaga 5 Inventering med 25 provytor	
Bilaga 6 Registerdata som koppling till databank	
Bilaga 7 Anpassad inventering "Medel"	
Bilaga 8 Anpassad inventering "Tio"	
Bilaga 9 Anpassad inventering "Register ++"	

INLEDNING

BAKGRUND

I svensk sågverksnäring pågår för närvarande en process där produktionen i sågverken alltmer anpassas till kundernas krav. Som ett led i detta riktas blickarna även mot virkesråvaran från skogen. Strävan är att tillredningen av timret ska kundanpassas, med sågverken som kunder till skogsbruket. Motivet är att öka förädlingsvinsten. Av fundamental vikt i sammanhanget är de prognoser som lämnas om volymsutfallets fördelning på dimensioner efter avverkning av enskilda bestånd. Denna information grundar sig nödvändigtvis på någon form av inventering (se tex Sondell & Wigren 1992, Sondell 1994). Det kan tyckas självklart att den information som ska ligga till grund för planering ska vara av högsta möjliga kvalitet, vilket innebär att inventering ska utföras mycket noggrant. I verkligheten är det dock så att inventering kostar pengar. Därför krävs en avvägning mellan kostnaden för insamling av data och den förlust som kan förväntas till följd av fel i informationen (se tex Ståhl 1994).

Den förväntade förlusten är olika stor i olika typer av skogar, vilket främst är en följd av de olika värden som respektive skog representerar i förädlingsledet. Om förlusterna blir stora vid felaktiga beslut, grundade på felaktig information, lönar det sig att inventera noggrant. Det är tänkbart att felaktig information om vissa typer av råvara medför större beslutsförluster än felaktig information om andra. Det är då naturligt att ha bättre information om tillgången på den förstnämnda typen av råvara. Inventeringsinsatsen bör då göras tyngre i de typer av bestånd som innehåller sådana sortiment. Analogt bör det finnas beståndstyper, där beslutsförlusterna är små och inventeringen således bör utföras mer översiktligt för att inte orsaka onödiga kostnader. Ett sådant resonemang förutsätter kunskap om olika inventeringsmetoders inverkan på kostnaden för, och noggrannheten i, skattningar av enskilda sortiment. När detta är känt kvarstår frågan om hur stora beslutsförluster som kan förväntas till följd av viss noggrannhet i informationen, dvs att utreda hur sågverksföretagets och råvaruförsörjningens planering och produktion påverkas av felaktig information om råvarulagret i skogen.

SYFTE

Uppsatsen består av två delstudier. Syftet med delstudie I är att ge en bild av forskningsläget avseende den skogliga informationens roll vid kundanpassning av råvaruflöde till sågverk, samt att jämföra med den aktuella situationen inom skogskoncernen SCA Forest and Timber. Resultaten används för en bedömning av hur enskilda avverkningsobjekt ska inventeras och hur informationen kan utnyttjas i ett integrerat skogs- och sågverksföretag.

I delstudie II genomförs en inventeringsstudie, som syftar till att öka kunskapen om hur valet av inventeringsmetod påverkar kvaliteten i data. Data presenteras i form av prognoser för en månads leverans till ett större sågverk. Möjligheten att utnyttja registerdata, i kombination med en bank av inventerade avdelningar, för att skatta sortimentsvisa volymsuppgifter för avdelningar undersöks. Dessutom studeras nyttan av att variera inventeringsintensiteten mellan olika beståndstyper, för att på så sätt rikta ansträngningarna mot avdelningar som innehåller råvara av särskilt intresse för SCA Forest and Timber.

DISPOSITION

Uppsatsen består av två delstudier och en sammanfattande diskussion. Nedan ges en vägledning om innehållet i dessa.

Sammanfattande diskussion.

Kundanpassning av virkesflöde till sågverk diskuteras mot bakgrund av erfarenheterna från delstudie I och delstudie II. Tänkbara förändringar av rutinerna för insamling och hantering

av information från avverkningsobjekt fokuseras. Avsnittet är en sammanfattning av delstudie I och II.

Konklusioner

Här lyfts de viktigaste slutsatserna från delstudie I och II fram, kortfattat i punktform.

Delstudie I - Kundanpassning av virkesflöde.

I litteraturstudien beskrivs först de problem som är aktuella i dag. Detta för att läsaren ska bekanta sig med de svårigheter som finns inom området. Därefter presenteras de möjligheter som finns att lösa problemen. Vissa stycken avlägsnar sig en del från kärnfrågan kring betydelsen av skoglig information, men detta bedöms vara nödvändigt för att beskriva hela problembilden. En fallstudie beskriver hur SCA Forest and Timber upplever de problem som påtalats i litteraturstudien samt koncernens sätt att arbeta med dessa frågor. Möjligheter till utveckling påpekas mot bakgrund av de forskningsrön som presenteras.

Delstudie II - Anpassad inventering.

I inventeringsstudien beskrivs kriterier för val av metod vid inventering av avverkningsobjekt. Därefter presenteras en studie att via simulering skatta hur olika inventeringsförfaranden påverkar noggrannhet i, och kostnad för, prognoser över månadsvisa leveranser till ett sågverk.

TERMER

För att undvika missförstånd redogörs här för definitioner av vissa begrepp som förekommer ofta i texten.

Avdelning: avgränsat område, ägofigur på skogskarta (TNC 43 1969).

Bestånd: population av träd som växer inom vissa areal och karaktäriseras av viss enhetlighet beträffande ålder, trädslagsblandning m m (TNC 43 1969). Begreppen avdelning och bestånd används synonymt.

Inventeringsmetod: sätt att införskaffa information om en avdelning. Detta inkluderar här möjligheten att inte utföra någon inventering i fält, utan att istället använda registerdata i kombination med en databank bestående av träddata.

Inventeringsdesign: inventeringsmetod inklusive dimensionering av insatsen, t ex ytantal vid cirkelprovyteinventering (Ståhl 1994).

Sortiment: klassificering av timmerstockar i kombinationer av trädslag, stocktyp och sågklass.

Stocktyp: stockens läge längs stammen dvs rot-, mellan eller toppstock. Den första stocken på ett träd är alltid en rotstock. Den sista timmerstocken är alltid en toppstock, och mellanliggande stockar betecknas mellanstockar.

Sågklass: diameterklass som används i sågverket vid sortering av timmerstockar.

Utbyte: sortimentsutfallets volym i förhållande till trädets hela volym (TNC 43 1969).

Utfall: avser utbytet vid avverkning av en avdelning.

Väntevärdesriktighet: medelvärde av ett stort antal skattningar överensstämmer med det sanna medelvärdet.

SAMMANFATTANDE DISKUSSION

OM KUNDANPASSNING OCH INFORMATIONSBEHOV

För närvarande pågår en omdaningsprocess av produktionen i många svenska sågverk, mot tydligare kundorientering och högre andel specialiserade produkter. Sågverksföretag ingår djupare samarbete med stora kunder för att knyta dessa närmare till sig. Därigenom stärker företagen sina positioner på marknaden och konjunkturberoendet minskar. Produktion kommer emellertid att ske av såväl standardprodukter som kundanpassade produkter, som en följd av det divergerande flödet vid sönderdelning av stockar till plank och bräder. De kundanpassade produkterna kommer sannolikt att stå för den dominerande delen av den ekonomiska omsättningen och dessa sortiment blir därför styrande i produktionen. Mot bakgrund av detta är det tänkbart att information om vissa typer av råvara är viktigare än information om andra, för att undvika störningar i produktionen av de kundanpassade produkterna.

Det står tämligen klart att råvaruproduktionen i skogen kommer att styras allt mer av sågverkens behov. Kundorienterad virkesproduktion i skogen innebär, i klartext, att leverans sker i rätt tid samt av efterfrågade volymer och sortiment. En grundläggande förutsättning för en sådan utveckling är en attitydförändring i kontakterna mellan skogs- och sågverkssidan - att övergå från ett leverantör/mottagare förhållande till att betrakta sig som säljare respektive kund. De största hindren för ett kundanpassat virkesflöde från skog till såg är en bristande förmåga att konkret uttrycka vilka krav som ställs på virkesråvaran, en otillräcklig förmåga att prognosticera och styra utfallen vid avverkningar, samt brister i rapportering och uppföljning av det avverkade virket. Den skogliga informationens innehåll och kvalitet kommer att spela en allt större roll i sågverkens produktion. De företag som har såväl stora skogsinnehav som egen sågverksindustri, kommer att ha en konkurrensfördel i de stora möjligheterna att styra sin virkesproduktion, och därigenom anpassa den till sågverkens behov. Även det omvända förhållandet är möjligt - att inrikta produktionen i sågverket mot produkter som passar råvarutillgången i det egna skogsinnehavet. Fortlöpande kan goda prognoser lämnas över inkommande volymer varefter sågverkens kundservice och produkternas totala kvalitet förbättras.

Mot dessa krav ska ställas de ökade möjligheter som följt de senaste årens landvinningar inom teknikutveckling för apteringsstyrning, lagring och trådlös överföring av information, fjärranalys, samt positionsbestämning med satellitteknik. Den information som är efterfrågad om utfallet efter avverkning är timrets diameter-, längd- och kvalitetsfördelning. Denna information erhålls bäst genom simulering av aptering m h a information insamlad i avdelningarna. Det är troligt att utvecklingen går mot att utnyttja databaser med träddata insamlade av skördardatorer vid avverkningsarbete. Dessa databaser kan utnyttjas för att minska inventeringsbehovet och därmed kostnaderna för informationen.

OM INVENTERING

Problemet att avgöra hur stora resurser som ska satsas på inventering av slutavverkningsobjekt för att möjliggöra goda prognoser till sågverken löses i teorin bäst med s k total-kostnadsanalys. En sådan analys nivålägger inventeringsinsatsen så, att summan av inventeringskostnad och förväntad beslutsförlust i sågverken minimeras. Med beslutsförlust avses minskat nuvärde efter felaktiga beslut till följd av bristfällig information. Delstudie I tyder på att den typen av undersökningar är mycket svåra att utföra i praktiken. Det är komplicerat att yttra sig om konsekvenser av avvikelser mellan prognosticerad och verklig leverans av timmer till sågverket. Främsta orsaken är den stora mängden möjliga sönderdelningsalternativ för en stock samt kundspecifika krav på leveransservice. Det är hart när omöjligt att bedöma hur mycket en kund tål innan den vänder sig till en annan säljare, och

vad detta i sin tur kostar företaget. Därmed återstår endast möjligheten att studera olika inventeringsmetoders inverkan på noggrannheten i och kostnaden för data.

Vid studier av inventeringsresultat fokuseras ofta på möjligheterna att skatta totala volymer av t ex tall- och grantimmer. Delstudie II visar att denna grova upplösning döljer viktiga egenskaper hos de inventeringsmetoder som studeras. Inventering med 25 provvytor medför t ex ca 1 procentenhet lägre standardavvikelse jämfört med att endast utnyttja 10 provvytor, samtidigt som kostnaden är dubbelt så hög med förstnämnda metoden. Detta för en total volym omfattande ca 25 000 m³fub för respektive trädslag. Bryts resultatet ned på trädslag, stocktyp och sågklass framstår skillnaderna mellan metoderna tydligare. Plötsligt upptäcks att skattningar av volymer för främst rotstockar i grova dimensionsklasser uppvisar mycket höga standardavvikelser - ända upp till 50%. Orsaken till de stora felen är att färre stockar från ett färre antal avdelningar bygger upp volymerna i grova diameterklasser jämfört med i klena. Därigenom slår enskilda skattningar igenom tydligare vid beräkningar av standardavvikelser. Inventering med 25 provvytor ger väsentligt bättre skattningar i dessa segment än andra metoder - ca 10 procentenhet lägre standardavvikelse. Detta faktum talar för att inventeringar bör göras mera noggranna i avdelningar med hög medeldiameter.

För att ha tillgång till en verkligt extensiv metod har en rutin för utnyttjande av registerdata för skattning av utfall efter avverkning utvecklats. En databank med inventerade avdelningar antas finnas tillgänglig efter t ex en företagsinventering för strategisk planering. Träddata kan även vara insamlade från skördardatorer efter avverkningsarbete i ett stort antal avdelningar. Utifrån registerdata för en aktuell avdelning väljs en substitutavdelning ur databanken. Data om utfall efter apteringssimulering av substitutavdelningen tilldelas den aktuella avdelningen. Metoden ger redan i det enkla utförande som presenteras här användbara skattningar av totala volymer. Dock är det tydligt så, även om felnivån för de totala timmervolymer inte avskräcker, att skattningar av enskilda sortiment är behäftade med stora fel. Främst rör det sig om tillfälliga fel, men även vissa mindre systematiska fel kan utläsas. Dessa fel uppstår i huvudsak vid volymkattningar av för respektive stocktyp extrema diameterklasser. Detta är en följd av det begränsade antalet avdelningar som finns att tillgå vid urval av substitutavdelningar till avdelningar med extrema egenskaper. Efter utveckling av databankens komposition och det sätt på vilket substitutionsavdelningar väljs utifrån registerdata bör metoden kunna förbättras avsevärt.

Genom att anpassa inventeringen kan resurserna allokeras så att den totala nyttan blir större, med hänsyn tagen till kostnaden. Med sådan inventeringsdesign kan felen minskas, för t ex grova rotstockar, i jämförelse med en kostnadsmässigt likvärdig design som utnyttjar en och samma metod i alla avdelningar. Receptet är att inventera avdelningar med kombinationen hög medeldiameter, hög medelhöjd och högt virkesförråd med intensiva metoder och andra avdelningar med mer extensiva. Som exempel på möjligheterna med anpassad inventering ges följande enkla räkneexempel (se även figur 11):

Exempel 1

Antag att det är av särskilt intresse från sågverkets sida att erhålla goda prognoser för grova rotstockar av tall. Om all inventering utförs med 10 provytor, till en kostnad av ca 40 000 SEK per månad, skattas volymen rotstockar av tall, diameter 311-334 mm, med en standardavvikelse på ca 22%. Med en anpassad design ("Medel") är standardavvikelsen för samma skattning ca 16% och den totala kostnaden ca 45 000 SEK. För övriga sortiment ger de bägge metoderna ungefär likvärdiga skattningar. Totalt, för alla sortiment, levereras 50 000 m³fub varje månad och kostnaden i det första fallet blir därmed 0,80 SEK per m³fub och i det senare 0,90 SEK per m³fub. Volymen i det aktuella sortimentet är ca 500 m³fub och kostnadsskillnaden mellan metoderna för denna delvolym därmed 50 SEK per månad. Följande 67%-iga konfidensintervall kan lämnas för säkerheten i skattningen med respektive metod (förklaring av konfidensintervall ges i bilaga 1):

10 provytor: 500 m³fub ± 110 m³fub.

Anpassad metod: 500 m³fub ± 75 m³fub.

Vad dessa skillnader innebär för sågverket avgörs av förhållandet till aktuella kunder och möjligheten att använda annan råvara i en bristsituation. En större osäkerhet i leveranser bör rimligen resultera i ett behov av större lager. För det aktuella sortimentet, utifrån konfidensintervallet ovan, skulle det innebära en ökning av lagervolymen inklusive säkerhetsmarginal från 575 till 610 m³fub eller ca 6%.

FALLET SCA FOREST AND TIMBER

Sidan 12 innehåller information om interna angelägenheter inom SCA Forest and Timber och är därför utelämnad i denna offentliga version av examensarbetet.

KONKLUSIONER

Följande punkter anser författaren vara de viktigaste resultaten av examensarbetet:

- ⇒ Ett företag med stora egna skogstillgångar, liksom egen sågverksindustri, besitter en stor konkurrensfördel i möjligheten att styra virkesflödets sammansättning mot att uppfylla sågverkens krav.
- ⇒ En övergång till kundanpassat virkesflöde från skog till sågverksindustri, begränsas inte i första hand av tillgången på tekniska hjälpmedel, utan av människors förmåga att diskutera och planera verksamheten mot ett gemensamt mål för det integrerade företaget.
- ⇒ Insamling och utnyttjande av information om avverkningsobjekt måste anpassas till avnämarna av informationen, d v s sågverken.
- ⇒ Den information som sågverken efterfrågar är, i prioritetsordning, timmervolymens fördelning på diametrar, längder och kvaliteter.
- ⇒ För att erhålla den efterfrågade informationen bör system för simulerad aptering användas utifrån data insamlad i, eller på annat sätt kopplad till, aktuell avdelning.
- ⇒ Det bör finnas stora fördelar i möjligheten att välja avverkningsobjekt utifrån den råvara som efterfrågas, eftersom detta medför en kraftigare styrning av virkesfångstens sammansättning jämfört med aptering av godtyckliga objekt.
- ⇒ Information om utfall från avdelningar med möjligheter till simulering av aptering, bör göras tillgänglig för berörda personer på skogsförvaltningar och i sågverk.
- ⇒ Att enbart betrakta resultatet av en inventering utifrån felnivåer för de totala volymerna per trädslag döljer stora variationer i kvaliteten hos skattningar av enskilda sortiment.
- ⇒ Det är möjligt att med anpassade inventeringsmetoder öka noggrannheten i prognoser av vissa sortiment, jämfört med kostnadsmässigt jämförbara rutiner som utnyttjar en och samma metod i alla typer av avdelningar.
- ⇒ Det är möjligt att utnyttja registerdata, i kombination med en databank bestående av träddata, för att erhålla användbara skattningar av utfall efter avverkning av en avdelning.

DELSTUDIE I. KUNDANPASSNING AV VIRKESFLÖDE.

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Under 1990-talet har det talats allt mer om integration mellan skog och sågverk liksom mellan sågverk och marknad. Marknaden utgörs av de konsumenter som köper den sågade varan (se t ex Lönner 1993). Skogsnäringen är på väg mot en produktion som i allt högre grad styrs av kundens krav, från att ha varit starkt inriktad på massproduktion av standardprodukter (Thor & Skutin 1995). Uttryck som "*integrera framåt*" och "*integrera bakåt*" hörs i sågverksvärlden. Med integration framåt avses att sågverket närmar sig marknaden genom att produktanpassa och vidareförädla. Integration bakåt innebär att företagen strävar mot ett högre värdeutbyte, t ex genom anpassning av råvaran och därmed högre råvaruutnyttjande (Lönner 1993). Andra begrepp som används flitigt är t ex *Just-In-Time* och kundorderstyrd produktion (se Rönnbäck 1995, Ankarling 1995, Thor & Skutin 1995). Grunden till sågverkens intresse för dessa frågor är kundernas ökande krav på flexibilitet samt behovet av snabbare ledtider, och därigenom minskade lager och förbättrad kundservice. Det anses vara hög tid för sågverken och leverantörerna av råvara att samarbeta, för att stärka konkurrenskraften för träprodukter. Trä riskerar annars att ersättas av andra material med för kunden högre total kvalitet.

1.2 SYFTE

Syftet med delstudie I är att belysa forskningsläget rörande den skogliga informationens roll i råvaruflöden till svenska sågverk. Således rör det en del av integrationen bakåt enligt ovan. I samband därmed har skogskoncernen SCA Forest and Timber studerats och förhållandena där jämförts med de resultat forskningen presenterat. Till sist ges författarens personliga åsikter om tänkbara förändringar av nuvarande arbetssätt inom nämnda koncern. Studien har genomförts som en litteraturstudie kombinerad med intervjuer av personer anställda i SCA Forest and Timber.

2 KUNDANPASSNING AV VIRKESFLÖDE

2.1 ALLMÄNT

Det finns mycket som talar för att den sk kundorderpunkten måste flyttas allt längre från sågverken ut i skogen. Med kundorderpunkt avses den tidpunkt, i kedjan från skog till slutkund, där en produkt övergår till att vara avsedd för en specifik order (se t ex Rönnbäck 1995). Den tid är förbi när efterfrågebilden för sågade trävaror var så stabil att de produkter som efterfrågades ett år efterfrågades även nästa år. Produktionen kan därför inte längre utgå från erfarenheter från tidigare år. Istället måste produktionen kundanpassas (Lundberg & Tarre 1993). Detta är ett starkt incitament för att även kundanpassa flödet av virke från skog till sågverk. Härav följer delvis nya krav på den förhandsinformation som finns att tillgå om den avverkningsbara skogen. Lundberg & Tarre (1993) betonar den attitydförändring som krävs i kontakterna mellan skogs- och sågverkssidan - att övergå från ett leverantör/mottagare förhållande till att betrakta sig som säljare respektive kund. Ett sådant förhållande torde borge för ett ökat informationsutbyte.

Kundorienterad virkesproduktion i skogen innebär i klartext, att leverans sker i rätt tid, av efterfrågade volymer och sortiment. Vinster görs i förlängningen i alla led. Sågverksindustrin får rundvirke med egenskaper avstämda mot rådande produktion. Ledtiderna mellan beställning och leverans kan starkt förkortas, varvid kundernas önskemål tillgodoses (se t ex Teldok 74 1992, Ankarling 1995, Skutin 1996). Kostnader kan sänkas tack vare bl a minskade lager, mindre spill och vrak samt genom ökade möjligheter för sågverket att hålla leveransplanerna. Detta sammantaget ökar betalningsförmågan för rundvirke. Ankarling (1995) tillägger att kundanpassning minskar kundernas möjligheter att finna substitut hos andra leverantörer samt att kundanpassade produkter är mindre konjunkturkänsliga. Det senare till följd av ett djupare samarbete mellan säljare och kund (se även Sondell & Wigren 1992). För att uppnå nämnda fördelar krävs att informationen om den skogliga råvaran är den efterfrågade, samt att den är tillräckligt korrekt för att tjäna sitt syfte.

Kundanpassning och virkesstyrning uppnås genom att sågverkens önskemål omförs till apteringsinstruktioner och prislistor som förs till apteringsdatorerna, varefter virket kapas upp i önskade sortiment och transporteras till industrin (Teldok 74 1992). Ett flertal studier av detta har genomförts på senare år, t ex Klensmeden & Rådström (1986), Sondell & Wigren (1992), Svenson & Westerberg (1992), Skutin (1993), Andersson et al (1994), Brunberg (1994) och Sondell (1994). Ett sågverks råvarubehov fördelat på dimensioner och eventuellt kvalitet kallas stocknota. I planeringsarbetet utnyttjas de närmast föregående årens stocknotor för att, tillsammans med bedömningar av bl a rådande konjunkturläge och företagets marknadsstrategi, utgöra grund för ett önskemål - en önskestocknota. Denna ska realiserars under den kommande tidsperioden t ex ett halvår (se t ex Sondell & Wigren 1992, Sondell 1993). I denna process finns således ingen koppling till information om det skogliga lagret av råvara, utan istället används erfarenhetstal över virkesleveranser. Det vore önskvärt att kunna välja avverkningsobjekt utifrån den råvara som efterfrågas. Därigenom skulle virkesfångstens sammansättning kunna anpassas till behovet på ett effektivare sätt.

2.2 HINDER PÅ VÄGEN MOT ETT KUNDANPASSAT VIRKESFLÖDE

2.2.1 ALLMÄNT

Problemen i samband med styrning och anpassning av råvaran till sågverken är av dels teknisk och dels informativ eller kommunikativ karaktär. Individuell behandling av varje stock är en av nycklarna till högre värdeutbyte i kedjan från skog till marknad (Lönner 1993). Detta ställer nya krav på upplösning och precision i de system som används för prognostisering, registrering och uppföljning av virkesvolymer.

2.2.2 PROBLEMOMRÅDEN

Följande problemområden kan urskiljas sett från kunden på marknaden ut till träden i skogen:

(i) Sågverkens förmåga att omföra kunders krav på slutprodukterna till konkreta krav på virkesråvaran

- Svårigheter i att tolka marknadens, d v s slutanvändarnas signaler, och omföra dessa till krav på först produkterna därefter på råvaran, för att till sist uttrycka dem på ett adekvat sätt. Ofta är slutkunden okänd, dold bakom grossister som utgör sågverksföretagets kund men inte den slutlige användaren (Ek pers. medd. 1995, Bjurulf et al 1993).
- Svårigheter att tillfredsställa kunders förväntningar då kunskapen om vilka produkter som erhålles ur en given stock är bristfällig. Det är en sågverkens paradox att tillverka produkter som ingen vill ha (Grönlund 1993).
- Problem att bedöma stockars inre kvalitet samt att optimera postningen i sågverket (Lönner 1993).
- Avsättningsproblem för vissa produkter till följd av ett divergerande flöde, d v s att att biprodukter faller ut vid sönderdelning av en stock för produktion av önskat sortiment (Lundberg & Tarre 1993, Rönnbäck 1995).

(ii) Mätning, registrering och förmedling av volymsuppgifter inför avverkningsarbete tjänar flera olika syften

- Insamling av information om skog och virke kan ha olika mål. Underlag för operativ planering i skog och sågverk respektive bortsättning av avverkningsuppgifter ställer delvis olika krav på informationens innehåll och kvalitet.

(iii) Otillräcklig förmåga att prognosticera och styra utfallen vid avverkningarna minskar möjligheterna till styrning av virkesflödet

- Tillgänglig kunskap om virkeslager på rot och efter avverkning är för närvarande i allmänhet är mycket bristfällig (Sondell 1994).
- De traditionella systemen för utbytesberäkningar tillhandahåller inte information om stockarnas fördelning på diameter eller kvalitet.
- Stora fel i skattningar av avdelningars arealer
- Val av bestånd för avverkning sker ofta på biologiska, skogskötselmässiga eller drivningstekniska grunder istället för utifrån industrins behov och uppgifter om utfall efter avverkning. Beslut utifrån dessa kriterier sammanfaller inte alltid.

(iv) Begränsningar vid tillredning av virket vid avverkning

- Begränsade möjligheter att styra diameterfördelningen hos timmerstockarna. Denna avgörs av den stående skogens diameterfördelning. Stammens avsmalning inom de aktuella längdintervallen är det spelrum som finns (Sondell 1993, Eklund 1995).
- Vissa svårigheter att skapa stark övervikt mot långa längder, speciellt för tall, då kvalitetsgränser, skador och krökar styr kapstället (Sondell 1993, Eklund 1995).
- Skördaraggregatets mätutrustning belastas ofta med tekniska fel och bristande kalibrering.

(v) Mätning och bedömning av sågtimmer sker vid flera tillfällen i flödet från skogen till sågverket.

- Idag är sannolikheten låg att en stock mäts och bedöms lika i skogen, vid inmätning och i sågverket. En likvärdig mätning och bedömning av stocken i alla led är en grundläggande förutsättning för en utvecklad koppling mellan skog och såg (Adolfsson & Berg 1992).

(vi) Brister i rapportering och uppföljningen av det avverkade virket.

- För att bli framgångsrik i arbetet med kundanpassning av virkesflöde är rapportering och uppföljning avgörande (Sondell 1994, von Essen & Sondell 1996).

(vii) Vederlagsmätning.

- Utförs idag vid sågverken och är inte tillräckligt detaljerad för att hänföra enskild stock till rätt sågklass, främst p g a att redovisningen i VMF:s regi sker i centimeterklasser medan sågklasserna utgörs av millimeterklasser. Brister här medför att skogsägaren inte erhåller betalning för det virke som verkligen avverkats. Därigenom uppstår förluster på köpar- eller säljarsidan.

2.2.3 LEVERANS JUST-IN-TIME

Av resonemanget ovan följer att även om beställaren av rundvirke vet vilka egenskaper råvaran bör ha, och kan uttrycka detta så att leverantören förstår, återstår problemet att välja avverkningstrakt, tillreda virket enligt instruktion och sedan transportera det till rätt mottagare. Sammantaget är det många krav, vissa inbördes motstridiga, som ska uppfyllas för ett effektivt, anpassat virkesflöde, ex vis (Andersson et al 1994):

- låga drivnings- och transportkostnader
- låga lager med färsk råvara
- snabbt och jämt flöde till industrin
- högt kapacitetsutnyttjande
- ändamålsanpassad råvaruproduktion

Då det förefaller omöjligt att uppfylla alla dessa krav samtidigt krävs en helhetsyn på virkesflödet. Förutsättningarna störs av trubbiga prognosinstrument och bristande kännedom om omvärldsförutsättningar. Till de senare hör sådant som vädervariationer och tjällossningsproblem vilka medför störningar i råvaruleveranser, andra produktionsstörningar i industrin liksom variationer i efterfrågan på marknaden (Andersson et al 1994). Dessa faktorer gör att det i dagsläget knappast är idealt för skogsnäringen att sikta på lagerlös produktion och långt driven leverans *Just-In-Time*. Försök har genomförts i Finland med nedslående resultat varför systemet övergavs (Rönnbäck 1995). Begreppet *Just-In-Time* avser ett materialförsörjningssystem som är tidsmässigt väl avstämt mot produktionen, vilket medför att rätt kvantitet erhålls vid exakt rätt tidpunkt.

2.3 DAGENS MÖJLIGHETER

2.3.1 ALLMÄNT

Tekniska framsteg inom flera områden, tillsammans med nyvunna insikter om vikten av kommunikation, har skapat möjligheter för en lyckad integration av skogsbruk och sågverksindustri (von Essen & Sondell 1996). I detta avsnitt behandlas några av de möjligheter, som kan vara lösningar till en del av de problem som framställdes under rubrik 2.2.

2.3.2 KOMMUNIKATION MELLAN SKOG OCH SÅGVERK

Det är avgörande att kraven på virkets egenskaper uttrycks i termer som de drivningsansvariga kan använda som styrinstruktioner i det praktiska avverkningsarbetet i skogen (Sondell & Wigren 1992). Att från skogssidan skylla på dåligt preciserade krav är dock en dålig ursäkt (Thor och Skutin 1995). Det som krävs är att kommunikationen mellan de olika produktionsleden ökas väsentligt, samtidigt som vidareutveckling sker av rutinerna för insamling och bearbetning av skogliga data. För att klara detta måste mängden direkt-kontakter mellan kategorierna öka. I idealfallet finns inget brott i informationsflödet från slut-användare till råvaruproducent eller vice versa. Kundernas krav på produkterna kan då genomsyra arbetet i alla led.

Som en grundläggande del i kommunikationen gäller att rutinerna för mätning av virke vid olika tillfällen i flödeskedjan måste vara avstämda mot varandra. Undersökningar visar emellertid att överensstämmelsen mellan de olika mättillfällena är dålig. Sannolikheten att en stock ska hamna i samma sågklass vid aptering i skogen som vid sortering och postning i sågverket är låg; endast 30-45% beroende av sågklassens vidd. Om styrning sker mot längd-, kvalitets- och diameterklass sjunker sannolikheten ytterligare, till endast 20-35% (Adolfsson & Berg 1994). Detta beror på att skilda mätmetoder används i de olika mätplatserna. Eftersom mätprecisionen i skördaren och vid inmätningen i sågverket anses likvärdiga (Adolfsson & Berg 1992, von Essen & Sondell 1996), förutsatt att kalibrering utförts korrekt, ligger problemet i rutinerna för behandling av mätvärdena. I de steg då mätning sker på bark, d v s i skogen och vid inmätningen vid sågverket, används funktioner för barkavdrag för att erhålla diameter under bark. Precisionen i barkfunktionerna är inte tillräcklig för att sortera stockar efter verklig diameter under bark. De kan användas för att erhålla barkens volym för ett större parti stockar. Men en felsorterad stock är och förblir felsorterad (Adolfsson & Berg 1994). Ofta används inte ens samma funktion vid aptering i skogen som vid sortering i sågverket, vilket ökar risken för att stockarna inte placeras i samma sågklass vid de två mättillfällena (Adolfsson & Berg 1992, Sondell & Wigren 1992). Utveckling av sortering samt styrning och optimering av postning pågår för närvarande i många sågverksföretag (Nylinder et al 1994, von Essen & Sondell 1996).

Helt avgörande för möjligheterna att genomföra någon form av mera långtgående styrning av virkesförsörjningen, och därmed kundanpassning mellan skog och sågverk, är förmedlingen av information. Som utpräglad areell näring är skogsbruket i stort behov av kommunikation mellan många spridda, ofta mobila, enheter. Idag används i skogsbruket förutom det fasta telenätet, egna radionät, privat radio och mobiltelefon. System för överföring av såväl tal som stora datamängder används t ex Mobitex (Teldok 74 1992). Med dagens utrustning för dataöverföring är det möjligt att snabbt överföra information mellan skördare, förvaltningskontor och sågverk (von Essen & Sondell 1996).

När apteringsdatorer kopplas till ett mobilt kommunikationsnät öppnas dörren för förmedling av önskemål och instruktioner samt rapportering och uppföljning av produktionen i skogen. Nära kopplade till apteringsdatorerna finns den mjukvara som simulerar apteringar och skapar underlag för att styra apteringen, t ex Aptan från SkogForsk (se t ex Kihlbom & Sondell 1994). Till sist har Geografiska Informationssystem (GIS) och utrustning för positionsbestämning och navigering med satelliter (Global Positioning System, GPS) möjliggjort hantering av de stora datamängderna respektive rationalisering av logistikarbetet (se t ex Johansson & Liukko 1992, Djurberg 1996). Med dessa system kan lager positionsbestämmas samtidigt som de anges till volym och sortiment. Allt kan ske dagligen i realtid och informationen kan spridas till alla berörda parter.

2.3.3 PROGNOTICERING AV UTFALL FRÅN AVVERKNINGSOBJEKT

Information om råvarans diameterfördelning är avgörande betydelse för sågverken (Adolfsson & Lundberg 1993, Lundberg & Tarre 1993) och måste således finnas tillgänglig i ett planeringsunderlag. Traditionellt angrips problemet med att förutsäga sortiments- och volymsutfall efter en avverkning med någon form av beräkningsrutin. Sådana s k utbytes-

beräkningar kan göras för enskilda träd, för bestånd eller för hela skogsinnehav. Kraven på och utformning av systemen varierar med användningsområdet, allt från att skatta volymer av olika sortiment till att erhålla stocknotor eller en värdering av utfallet (Eklund 1995). Flera system för trädvis eller beståndvis utbytesberäkning har utarbetats (t ex Axelsson 1975, Ollas 1980, Cernold 1981). Ett mera modernt sätt att erhålla sortimentsutbyte är via simulerad aptering. Utifrån uppgifter om diameterfördelning, avsmalning, barktjocklek och kvalitet hos den stående skogen kan olika apteringsalternativ simuleras (Eklund 1995). Dessa provapteringar skapar stocknotor från respektive bestånd varvid uppgifter om utbytets diameterfördelning erhålls. Dessa stocknotor lagras sedan i en särskild databas, där sökningar kan utföras i en planeringssituation (Sondell 1994).

Ett flertal system för simulerad provaptering är framtagna t ex Johansson & Westerlund (1985), Aptan, Daptbas (se Kihlbom & Sondell 1994). Vid utnyttjande av simuleringstekniker krävs god information om bestånden, speciellt vad avser diameterfördelningen (Sondell 1994, Eklund 1995). För att erhålla den informationen finns i huvudsak två vägar att gå. Antingen genomförs en inventering där diametermätningar utförs eller också åsätts beståndet en diameterfördelning via en matematisk funktion (t ex Nilsson 1976, Eriksson & Sallnäs 1987, Droessler & Burke 1989, Maltamo et al 1995).

Möjligheten att skapa databaser med stamdata, insamlade av skördare vid avverkning, har framhållits på senare år (Sondell & Wigren 1992, Sondell 1994). Tanken är att det efter inventering av ett avverkningsobjekt finns uppgifter om diameterfördelning, höjd och kvalitet. Med utgångspunkt i inventeringsdata väljs en delmängd ut i databasen med stamuppgifter. Dessa uppgifter används därefter som ingångsdata i ett program för apteringsanalys t ex Aptan (se t ex Kihlbom & Sondell 1994). Via simulering av aptering utvärderas vilka objekt som bäst uppfyller industrins önskemål. Dessa databaser är regionala och härrör från olika typer av bestånd. Den information som behövs är av typen (Sondell 1994):

- antal träd per trädslag och diameterklass
- höjdkurva per trädslag
- kvalitetsbeskrivning utifrån apteringssimuleringens krav
- frekvens röta, skador och krökar samt läge och utbredning av dessa.

Här krävs en avvägning mellan önskad detaljeringsgrad och kostnad vid insamling av data. Materialet i databanken kan t ex utnyttjas för att skapa regionala höjdkurvor, vilket minskar behovet av höjdmätning i fält (Sondell 1994). Vissa uppgifter bör kunna antas utifrån erfarenhetstal, varigenom inventeringsinsatsen kan minskas (von Essen & Sondell 1996). Litteraturen ger tyvärr ingen lösningen på problemet att avväga nyttan med inventering mot den kostnad en viss metod medför.

Prognoser över utfall ska sedan kopplas till funktionella planerings- och informationssystem. Data från skördarna bör i ett senare skede föras in i informationsflödet vid kontakter med leverantörer och kunder (Bjurulf et al 1993). Praktiska försök att med arbetsorganisationen påverka virkesförsörjningen redovisas av Svenson & Westerberg (1992) och Skutin (1993). Resultaten tyder på att virkesflödet till bilväg nästan fullständigt kan anpassas till gällande virkesbudget, förutsatt att god beståndsinformation finns tillgänglig om presumtiva slutavverkningsobjekt. Det faktum att sågverken kräver information om bl a timrets diameterfördelning, medför att upplösningen måste vara högre i de prognoser som lämnas om råvaruproduktionen. Brunberg (1994) och von Essen & Sondell (1996) belyser möjligheterna att efter inventering och simulerad aptering prognosticera utfallet av virke från drivningsobjekt. Resultaten tyder på att det är möjligt att med förhållandevis god precision prognosticera virkesutfallet m a p volym, dimension och kvalitet. I dessa studier utfördes inventeringarna av maskinförarna själva. Författarna anser att förarnas vana att bedöma kvaliteten på stående träd var en avgörande orsak till den goda överensstämmelsen mellan prognos och verkligt

utfall. För att erhålla goda prognoser för virkesleveranser krävs slutligen att arealer skattas korrekt. Detta är idag möjligt tack vare GPS (se t ex Hellström & Johansson 1993).

2.3.4 APTERING, RAPPORTERING OCH UPPFÖLJNING VID AVVERKNING

Väsentligt förbättrad prestationsförmåga hos apteringsdatorer, med tillhörande mätutrustning, borgar för väl fungerande system för aptering mot önskemål i form av stocknotor. Detta är helt avgörande för möjligheterna att ändamålsanpassa skogsråvaran (Sondell 1993, von Essen & Sondell 1996). Det fungerar väl att styra skördarnas aptering. Dock finns problem att skapa stark övervikt mot långa längder, speciellt för tall där kvalitetsgränser styr kapstället. Dessutom är möjligheterna att styra diameterfördelningen hos stockarna begränsade. Stockens avsmalningen är det spelrum som finns (Sondell 1993, Eklund 1995). Istället bör tillgång till information om bl a diameterfördelning för den stående skogen säkerställas, så att objekt kan väljas som överensstämmer med önskemålen.

Skördarna kommer i framtiden i större utsträckning än nu att användas för virkesmätning i kombination med ID-märkning av enskilda stockar för kontrollmätning (Sondell 1994, Adolfsson & Lycken 1993). Dagens system för vederlagsmätning med Virkesmätningss-föreningar skulle därmed radikalt förändras och en rationell uppföljning av virkesvolymer möjliggöras. Uppföljningen av produktionen sker lämpligen direkt utifrån skördarens stocknotor som då jämförs med den önskade. Det är viktigt att de som utför det praktiska avverkningsarbetet får en återkoppling till resultatet (Sondell & Wigren 1992, Sondell 1993, von Essen & Sondell 1996).

2.3.5 SUMMERING AV UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

För att virkets liggtid ska kunna minimeras och flödet rationaliseras samt anpassas till avnämaren ställs följande krav på informationshanteringen:

- Helhetssyn på virkesflödet där alla berörda parter "talar samma språk" (von Essen & Sondell 1996)
- Att via prognoser före och uppföljning efter avverkning skapa god och tillgänglig information om volymer av olika sortiment, i skogs-, väg- och industrilager
- God kännedom om väg- och drivningsförhållanden samt om aktuella leveransplaner (se även Bjurulf & Rådström 1992)

3 FALLET SCA FOREST AND TIMBER

Sidorna 21-26 innehåller information om interna angelägenheter inom SCA Forest and Timber och är därför utelämnade i denna offentliga version av examensarbetet.

DELSTUDIE II. ANPASSAD INVENTERING.

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

I en tid då exakta leveranser, korta ledtider och små lager bedöms vara avgörande för den totala lönsamheten i den svenska sågverksnäringen, är erfarenheten bland såväl praktiker som forskare, att kunskapen om utfall från avverkningar är alltför bristfällig. De rutiner som används för prognostisering av utfall från avverkningar är ofta alltför grova för att möjliggöra detaljplanering av råvaruflödet från skog till sågverk. Inom SCA Forest and Timber upplevs detta som ett betydande hinder då integrationsprocessen mellan skog och såg ska drivas framåt. Intresse finns därför av att studera utformningen av de inventerings- och beräkningsrutiner som används vid insamling respektive bearbetning av skogliga data. Delstudie I visar på svårigheterna att utföra en totalkostnadsanalys av inventeringen av avverkningsobjekt kopplad till produktionen i sågverk (se delstudie I, avsnitt 3.3.4). Därmed återstår endast att belysa konsekvenserna av olika inventeringsförfaranden på noggrannheten i skattningar av t ex volymens fördelning på dimension.

I en nära framtid är det tänkbart att företagets behov av god förhandsinformation om inkommande volymer kommer att vara större för vissa råvarusortiment än för andra. Det kan t ex gälla råvara till sådana produkter som sågas mot den typ av industriella kunder som är nära knutna till företaget (se delstudie I, avsnitt 3.2). Kanske finns överenskommelser om, och gemensam utveckling av, de krav som ställs på produkterna. Dessa produkter är styrande i produktionen och sågas oberoende av vilken råvara som för stunden är tillgänglig, med inoptimalt utnyttjande av råvaran och kanske bristande kvalitet i slutprodukterna som följd. Således finns det ett värde i att ha extra god kännedom om tillgången på sådan råvara vid tecknande av order. Detta kan tänkas inverka på utformningen av inventering av avverkningsobjekt.

1.2 SYFTE

Syftet med delstudie II är att belysa konsekvenserna av olika intensitet i inventeringen av avverkningsobjekt, dels för prognoserna över virkesleveranser, dels för kostnaden för inventeringen. Prognoserna avser månadsvisa leveranser till ett större sågverk, och tanken är att resultaten ska ligga till grund för en diskussion mellan skog och såg rörande avvägningen mellan noggrannhet och kostnad i samband med inventering. Således avses den operativa delen av det skogliga planeringsarbetet. Nyttan av att låta inventeringens intensitet variera med beståndstypen undersöks. Detta för att prioritera objekt som innehåller råvara av stor betydelse för sågverken i SCA Forest and Timber.

2 LITTERATURÖVERSIKT

2.1 INVENTERINGENS ROLL I SKOGLIG PLANERING

Information om skogsinnehavet används som underlag för en mängd beslut i det skogliga planeringsarbetet. Exempel på sådana beslut är (Lindgren 1984):

- beslut om avverkningsnivåer över tiden
- planering av produktionen i tid och rum
- beslut i direkt samband med produktion

I en situation där skog och såg fungerar som en integrerad verksamhet kommer information om utfall att vara ett kriterium vid val av avverkningstrakter i en planeringssituation. Detta bör ske i en diskussion mellan skog och såg (se delstudie I, avsnitt 3.3.4). Objektval är en kraftigare styrning av produktionen än den som kan erhållas via apteringen av en i förväg given avdelning. Den senare begränsas av beståndets diameterfördelning (se delstudie I, avsnitt 2.2.2). Kvaliteten i den information som ligger grund för planering får återverkningar på verksamheten i form av s k beslutsförluster. Ju noggrannare data desto större sannolikhet att det beslut som tas utifrån prognosen överensstämmer med det som skulle fattas om sanna data var vid handen. Vid god information uppstår små eller inga beslutsförluster. Om den information som lämnas om de avdelningar som ska avverkas är inkorrekt, kommer inte bara verksamheten i skogen att påverkas utan även produktionen i sågverket. Beslutsförluster av varierande storlek kommer därför att uppstå på bägge håll till följd av fel i informationen.

2.2 INVENTERINGSMETODER

De planer med förslag till åtgärder som skapas i ett planeringssystem blir aldrig bättre än den information som behandlas i systemet. Indata måste vara korrekta för att skogliga planeringssystem ska vara effektiva och tillförlitliga (se t ex Ståhl 1990, Eid 1993). Att samla in information om skogliga avdelningar kan ske på två sätt; genom totalmätning eller genom mätning av stickprov. Totalmätning innebär att önskade data registreras för samtliga träd, ett förfarande som i de flesta fall medför mycket höga kostnader. Alternativet är att mätningar utförs på ett stickprov, d v s ett urval eller s k sampel av träden. Ett sådant förfarande medför lägre kostnader men även lägre noggrannhet i data (Lindgren 1984). Generellt kan två olika metoder för stickprovsmätning urskiljas, dels objektiva stickprov och dels subjektiva sådana. En subjektiv metod innebär att uppgifter bedöms direkt eller mäts på platser som förrättningspersonen anser vara representativa för en avdelning. Objektiva metoder karaktäriseras av att insamlingen av data följer givna rutiner och mätningar görs med objektiva metoder på objektiva utvalda platser. Fullständig objektivitet kan aldrig uppnås, subjektiva moment kvarstår alltid (Ståhl 1992).

Uppdelningen i subjektiva och objektiva metoder grundar sig även i huruvida metoden i fråga ger väntesvärdesriktiga resultat eller ej, samt i möjligheterna att beräkna precisionen i skattningen. En objektiv metod ger till skillnad från subjektiva normalt väntesvärdesriktiga skattningar och precisionen i dessa skattningar kan beräknas. Då subjektiva metoder används påverkas resultatet mycket av förrättningspersonens erfarenhet och kunskap (Ståhl & Wilhelmsson 1993). Subjektiva metoders styrka ligger i möjligheten att via några få stödmätningar eller direkta bedömningar åsätta värden. Detta gör dem konkurrenskraftiga i förhållande till objektiva metoder. Om endast ett fåtal mätningar utförs erhålls normalt bäst noggrannhet med subjektiva metoder (Ståhl 1992).

2.3 VAL AV METOD

2.3.1 KRITERIER

Som mått på datakvalitet anges normalt storleken av systematiska och slumpmässiga fel. Normalt tolkas systematiska fel, eller bias, som den genomsnittliga felnivån som erhålls t ex vid inventering av ett antal avdelningar. Om de uppmätta värdenas medeltal inte överensstämmer med det sanna medeltalet finns ett systematiskt fel. Slumpfelet är det fel som återstår efter korrektion för det systematiska felet. Synonymt används ofta begreppet tillfälligt fel. Slumpfelets väntevärde, d v s medelvärdet av ett stort antal sådana fel i en undersökning, är noll (Ståhl 1992). Bias är välkänd i skogliga avdelningsdata medan slumpmässiga fel ofta förbises (Ståhl 1990). Då insamlade data ska användas för operativ planering är de slumpmässiga felen minst lika viktiga att känna till som de systematiska. Det är enskilda avdelningar som ska behandlas korrekt, att i medeltal åtgärda dem på rätt sätt räcker inte. Slumpmässiga fel måste även tas i beaktande vid långsiktig, strategisk planering (Eid 1993).

Huruvida en inventeringsmetod är bra eller dålig kan inte avgöras utifrån om den är subjektiv eller objektiv, inte heller enbart utifrån storleken på de systematiska och slumpmässiga fel som kan förväntas. Det som krävs är att datas användbarhet klarläggs. Det finns ingen enskild inventeringsmetod som är den allenarådande och alltid mest effektiva, utan inventeringen måste anpassas till de syften den är satt att tjäna (Lindgren 1984, Ståhl 1994).

2.3.2 BÄSTA VAL

Problemet med att välja optimal inventeringsdesign, och om tidpunkten inte är given även välja denna på bästa sätt, kan huvudsakligen lösas med två skilda angreppssätt. Med inventeringsdesign avses såväl metod som dimensionering av insatsen. Dessa två angreppssätt är (Ståhl 1994):

A Maximera den totala nyttan.

B Maximal noggrannhet i skattningar givet en viss budget.

Allmänt kan sägas att vilket angreppssätt som ska väljas beror på vad data ska användas till. Bakom ansatsen i A ligger antagandet att inventeringsdata ska ligga till grund för beslut. Hög kvalitet och noggrannhet i data möjliggör goda beslut och vice versa. Om den andra ansatsen väljs d v s B; att maximera noggrannheten givet en viss inventeringsbudget, tas ingen uttrycklig hänsyn till vilka beslut som ska grundas på insamlade data. Alternativt kan sägas att inventeringskostnaden ska minimeras under restriktion i form av en viss minimal noggrannhet, se även Jacobsson (1986). När syftet med inventeringen är oklart eller av allmännyttig karaktär är fall B lämpligt, men om det är givet i vilket sammanhang data ska användas är fall A att föredra.

Om skogsinventering har som mål att ligga till grund för planering ska beslut fattas om vilka åtgärder som ska vidtas i skogsbruket. En relevant jämförelse av metoder torde då endast kunna göras med ett mått som beskriver den inverkan ett visst inventeringsresultat har på den totala måluppfyllelsen för verksamheten (fall A ovan). Rationella utvärderingar av inventeringsmetoder ska således grundas på någon form av totalkostnadsanalys. Den totala kostnaden för en inventering utgörs av summan av inventeringskostnad och förväntad beslutsförlust till följd av felaktiga beslut utifrån inkorrekt data. Summan av dessa bägge komponenter ska minimeras. Detta förfarande benämns ibland *cost-plus-loss minimering* (Cochran 1977). Kostnaden för själva inventeringen beräknas lätt via tidsåtgång etc medan den förväntade beslutsförlusten är betydligt svårare att uppskatta, se t ex Ståhl (1994). Exempel på studier av optimal inventering eller effekter av fel i data är Matérn (1963, 1978), Sprängare (1975), Hamilton (1978), Lindgren (1984), Jacobsson (1986), Ståhl (1990, 1992, 1994), Eid (1991, 1993), Larsson (1994) och Persson & Segner (1996). Slutligen bör poängteras att optimeringar av design ofta ger svar för en variabel, men inventeringen ska i praktiken klara en mängd variabler. Detta komplicerar bilden (Ståhl 1994).

Det slutliga valet av inventeringsdesign måste i de allra flesta fall göras mer eller mindre intuitivt, då koppling till operativa konsekvenser av olika dataset saknas. Olika typer av data och data med olika noggrannhet är ändamålsenliga i olika typer av skogar. Att i alla lägen insamla perfekt information med arbetsintensiva, objektiva metoder är troligen inte ett optimalt förfarande (Ståhl 1992). En slutsats för inventering med cirkelprovytor är att det i allmänhet är bättre att över- än underskatta antalet provytor. Generellt gäller också att ju större värden som kan förloras desto mer intensiv ska inventeringen göras. Därför ska stora avdelningar inventeras mer intensivt än små. Det som avgör är inte de värden beståndet motsvarar utan de värden som kan förloras till följd av fel i informationen. I osäkra situationer är det bättre att överskatta inventeringsintensiteten eftersom den totala kostnaden blir lägre av att mäta för mycket än för lite (Ståhl 1994).

3 MATERIAL

För att genomföra studien av inventeringmetoders inverkan på noggrannhet i, och kostnad för, skattningar av sortimentsvisa volymer krävs tillgång till data från inventerade avdelningar. Dessa data erhöles från OL Skogsinventering AB som på uppdrag av SCA Skog AB under 1994 och 1995 genomförde en inventering av SCA:s skogsinnehav för att skapa underlag för en strategisk planering. Inventeringen utfördes i enlighet med de rutiner som beskrivs i Indelningspaketet (Jonsson, Jacobsson & Kallur 1993), med viss anpassning till företagets krav (Lindgren pers. medd. 1996). Vid inventeringen utlottades 120 avdelningar per arbetsområde ur beståndsregistret. Ett arbetsområde är det geografiska område som utgör den minsta administrativa enheten inom SCA Skog AB och omfattar ca 100 000 ha. Tre arbetsområden utvaldes för den aktuella studien; Ånge, Sundsvall och Ådalen. De ligger samtliga inom virkesfångstområdet för Tunadals sågverk, ingående i affärsenheten för sågade trävaror SCA Timber (se delstudie 1, avsnitt 3.1). Från dessa tre arbetsområden erhöles därigenom totalt 360 avdelningar som inventerades med cirkelprovytor.

Ur inventeringsmaterialet med de 360 avdelningarna utvaldes av författaren avdelningar med följande egenskaper:

- uppnått lägsta slutavverkningsålder enligt skogsvårdslagen (Skogsstyrelsen 1994)
- lövandel <50%
- minst 6 stycken provytor inom huvudavdelningen, d v s den del av avdelningen som beskrivs av registerdata
- komplett uppsättning av relevanta registerdata

Efter detta urval återstod 142 avdelningar vilka utgör det stickprov som senare studerats.

4 METODER

ALLMÄNT

Samtliga urval, beräkningar och simuleringar utfördes i program skrivna av författaren i Borland TurboPascal Version 7. Detta gäller inte utbytesberäkningarna, se avsnitt 4.2, som utfördes i ett programpaket utvecklat av Johansson & Westerlund (1985).

4.1 GRUPPERING AV AVDELNINGAR

För att möjliggöra tilldelning av olika inventeringsdesigner till olika beståndstyper, grupperades de aktuella avdelningarna efter egenskaper beskrivna i beståndsregistret. Målet var att skapa enhetliga grupper som är sinsemellan åtskilda. Detta åstadkoms i statistikpaketet SPSS for Windows Release 6.1, med funktionen hierarkisk klusteranalys. Med klusteranalys avses ett förfarande där en samling objekt, i det aktuella fallet skogliga avdelningar, sorteras i ett antal klasser, så att objekt som liknar varandra förs till samma klass. Hierarkisk klustring innebär att det inledningsvis finns lika många kluster som objekt. Dessa förs i en serie steg samman, så att det till slut endast återstår ett kluster. I varje sådant steg förs de två kluster samman, som enligt ett definierat avståndsmått ligger närmast varandra (Bondesson 1990a). Avstånden mellan klustren kan mätas på olika sätt. I det aktuella fallet mättes avståndet mellan två kluster som det genomsnittliga avståndet mellan alla par i de två aktuella klustren s k genomsnittlig länkning. Eftersom klustringen grundade sig på fyra variabler (se nedan) kommer avståndet mellan två objekt att ha fyra dimensioner. Ett sådant avstånd mäts som det Euklidiska avståndet d och tecknas som (1) (Kendall 1975):

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{iA} - x_{iB})^2} \quad (1)$$

där A och B betecknar aktuella avdelningar, p antalet variabler för vilka avstånd mäts och x_{iA} och x_{iB} variabel i för avdelning A respektive B .

Det slutliga antalet kluster valdes subjektivt. Sammanslagningen avbröts när 16 stycken kluster skapats. Avstånden grundade sig på följande registervariabler:

- grundtevägd medeldiameter för avdelningen, D_{gv}
- virkesförråd per hektar, exklusive överståndare
- grundtevägd medelhöjd, H_{gv}
- trädslagsfördelning uttryckt som andelen tall av virkesförrådet

Dessa variabler standardiserades för att underlätta vägning av de olika variablerna. Med vägning förstås att variablerna åsättes olika vikt vid beräkningen av Euklidiskt avstånd. I studien gavs diameter och trädslagsfördelning vardera dubbelt så stor vikt vid beräkningarna av avstånden. Standardiseringen genomfördes genom att Z_i -värden skapades för de aktuella variablerna enligt (2) (Wonnacott & Wonnacott 1990).

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (2)$$

X_i avser aktuell värde på variabel i , μ_i medelvärde över alla observationer av variabel i och σ_i standardavvikelsen för variabel i . Z_i -värden har medelvärde 0 och standardavvikelse 1. Klustrens sammansättning för de aktuella variablerna finns redovisade i bilaga 2. I efterhand fördes den enda avdelningen i kluster nummer 16 till kluster nummer 11. Därmed återstår 15 kluster.

4.2 UTBYTESBERÄKNING

För de utvalda 142 avdelningarna beräknades utbyten med hjälp av ett programpaket utarbetat vid SLU (Johansson & Westerlund 1985). Här apterades samtliga klavade träd utifrån angiven prislista. Nödvändiga data för apteringen grundar sig på information om provträd. I det aktuella fallet skapades en provträdsbank av samtliga provträd från alla avdelningar i materialet. Denna användes vid tilldelningen av data till respektive klavträd. För provträden i inventeringsmaterialet saknades uppgifter om diameter under bark och formkvot. Diameter under bark skattades via barkfunktioner av Söderberg (1992), utvecklade för tall, gran och björk i norra Sverige. Formkvot under bark skattades med funktioner för tall och gran i norra Sverige (Edgren & Nylinder 1950). I funktionerna behövs uppgifter om formtal vilka skattades med funktioner för gran och tall utvecklade av Näslund (1940). Formkvot och formtal för björk skattades med funktioner för gran.

I resultaten från utbytesberäkningarna finns uppgifter om från vilken avdelning och provyta varje stock härrör samt stockens turordning bland samtliga timmerstockar på trädet. Då apteringssystemet är uppbyggt efter det virkesmätningssystem som var gällande fram till 1995-08-01 (VMR 1995), apterades och värderades träden efter en prislista med de gamla timmerklasserna, o/s och kvinta (V). Dock användes endast priserna för V och således avsmalningsapterades träden. Detta dels beroende på att kvalitetsfördelningen var okänd i materialet, dels att syftet med studien inte är att utvärdera kvalitetsfördelningen för utbytet utan endast volymernas fördelningen på stocktyper. En sådan indelning innebär dels en

anrikning av egenskaper knutna till respektive stocktyp, dels en anpassning till den verkliga situationen i sågverket. Där sorteras och sågas stockarna efter stocktyp, inte efter kvalitet. Vad som eftersöks med klassen för toppstockar är s k friskkvistvirke. Denna klass omfattar även viss andel mellanstockar givet att antalet torr- och rötkvistar är begränsat (VMR 1995). Då uppgifter saknas om mellanstockarnas kvistkvalitet utgör enbart toppstockar klassen för friskkvistvirke. Detta medför att dess andel av samtliga stockar blir något lägre än den verkliga.

Utbyte i volym per provyta beräknades för var och en av de 142 avdelningarna (se figur 2). Utbytet uttrycks i matrisform som volymer fördelade på träslag, stocktyp samt sågklass. En sådan kombination av egenskaper kommer i fortsättningen att benämnas *sortiment*. Med sågklass avses de diameterklasser för råvaran som används i sågverken inom SCA Timber (se tabell 1). I resultatredovisningen används beteckningarna 1-14 för såväl gran som tall. En skattning av avdelningens volym i varje sortiment beräknades med information från samtliga provytor på avdelningen. *Denna skattning benämns i fortsättningen Facit*. Se även figur 2.

Tabell 1. Sågklasser inom SCA Timber samt i resultaten från delstudie II.

Sågklass inom SCA (nr)		I resultaten (nr)	Diameterintervall (mm)	
Tall	Gran		Tall	Gran
0	1	1	110-138	134-139
1	2	2	139-150	140-149
2	3	3	151-166	150-161
3	4	4	167-180	162-168
4	5	5	181-189	169-175 ¹
5	6	6	190-213	176-190 ¹
6	7	7	214-217	191-213
7	8	8	218-225	214-225
8	9	9	226-243	226-235 ²
9	10	10	244-256	236-252 ²
10	11	11	257-274	253-275
11	12	12	275-310	276-292
12	13	13	311-334	293-334
13	14	14	335-	335-400

¹ SCA Timber använder klassen 169-174 mm och 175-190 mm.

² SCA Timber använder klassen 226-234 mm och 235-252 mm.

4.3 SIMULERING AV INVENTERING

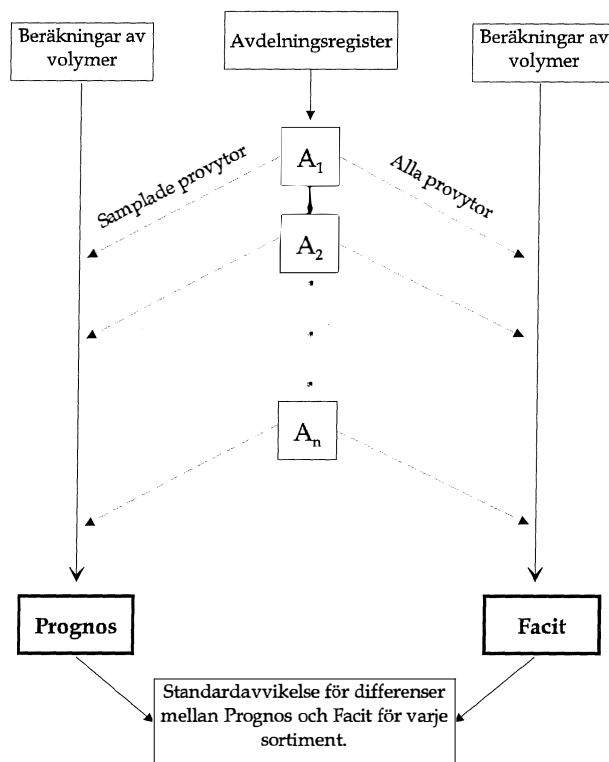
4.3.1 ALLMÄN ÖVERSIKT

Simulering av hur valet av inventeringsdesign inverkar på noggrannheten i prognoser för månadsvisa leveranser från skog till sågverk utfördes i följande steg (se figur 2):

1. Avdelningar utvaldes slumpmässigt ur ett register och volymsuppgifter per sortiment skattades för varje avdelning med inventeringsdesign vald utifrån respektive avdelnings klustertillhörighet (se avsnitt 4.1 och avsnitt 4.3.3).
2. Förfarandet i punkten 1 upprepades och den senast dragna avdelningens volymer, per sortiment och totalt, adderades till summorna av de redan inventerade.
3. Förloppet avbröts när en total volym motsvarande en förutvald målvolym för leveransen uppnåts.

Målvolymen i punkten 3 utgör en månads leverans till ett sågverk. Parallellt med skattning och summering av avdelningarnas volymer med aktuell design summerades volymerna enligt Facit. För denna leverans har nu skapats prognostiserad volym, per sortiment och totalt

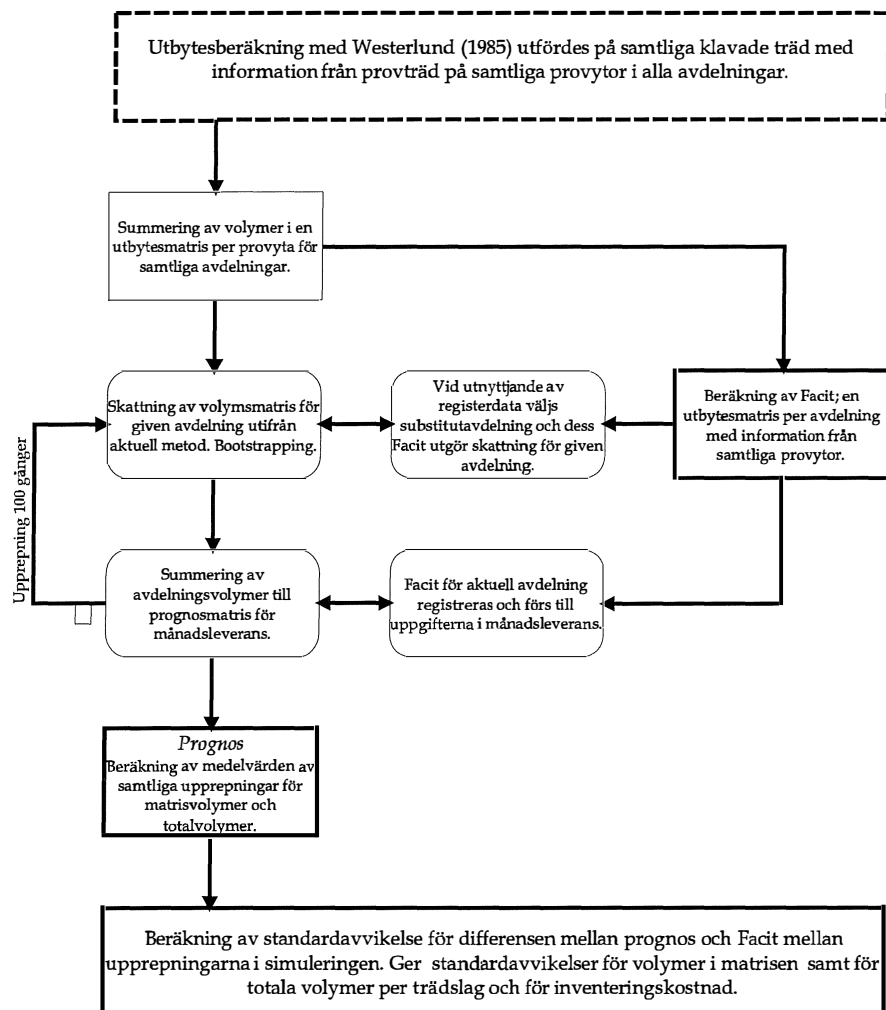
per trädslag, samt motsvarande volymer skattade enligt Facit. För att skapa underlag för skattning av standardavvikelser, för differenser mellan Facit och prognos, för leveransvolymer upprepades steg 1 - 3 ett stort antal gånger. Medelvärdena av prognosvolymerna, för respektive sortiment, utgör slutliga skattningar av leveransvolymer för varje sortiment med viss inventeringsmetod. Slutligen beräknades standardavvikelse, för differenserna i varje sortiment, mellan de olika upprepningarna.



Figur 2 Schematisk bild över simulering av inventeringsdesign. $A_1 - A_n$ är slumpmässigt dragna avdelningar som bygger upp leveransvolymen.

PROGRAMSTEG

Figur 3 redovisar de steg som utförts i simuleringssprogrammen. Vid de aktuella simuleringarna sattes målvolymer till 50 000 m³fub. Antalet upprepningar var i samtliga fall 100. I samtliga fall sattes avdelningarnas areal till 6,5 ha, vilket ungefärligen motsvarar medelarealen för avdelningar i SCA Skogs avdelningsregister. Härigenom konstanthålles denna faktor och dess inverkan på valet av inventeringsdesign kan studeras. Den volymvägda trädslagsfördelningen mellan gran och tall är jämn i materialet, varför den totala leveransvolymen fördelades ungefär jämt mellan trädslagen.



Figur 3 Programsteg vid beräkning av utbyten och simulering av månadsvisa prognoser över avverkade volymer.

4.3.2 INVENTERINGSSTUDIE MED BOOTSTRAPPING

Den metod som använts för att studera konsekvenserna av olika inventeringar benämns bootstrapping (Efron 1982). Bootstrapping kan sägas vara en simulering av sampling. Skillnaden mellan traditionell sampling och bootstrapping är att endast en uppsättning samplade värden från populationen finns tillgängliga. Detta sampel antas helt spegla den sanna variationen i populationen. I det aktuella fallet utgörs samplet av samtliga provytor som lagts ut i respektive avdelning. Genom att vid volymsskattning av en given avdelning slumpmässigt dra provytor bland de existerande, erhålls ett "nytt" sampel som även det beskriver den aktuella avdelningen. Genom att dragningen görs med återläggning kan fler provytor dras än som faktiskt inventerats i fält. På detta sätt kan effekter av olika inventeringsdesign utvärderas. Olika designer kan jämföras med Facit som ju utnyttjar all tillgänglig information i form av samtliga inventerade provytor.

De olika avdelningarna har tilldelats en klustertillhörighet (se avsnitt 4.1). Inför varje försöksled med en ny inventeringsdesign angavs vilken inventeringsmetod som skulle användas i varje kluster. Det som angavs var det antal provytor som skulle dras när volymen för avdelningar inom respektive kluster skulle skattas. På detta sätt kunde olika skogstyper

inventeras på olika sätt och konsekvenserna av detta utvärderas m a p kvaliteten i skattningar av leveransvolymerna av olika sortiment.

När önskat antal provytor ur en viss avdelning dragits skattades avdelningens volym i varje sortiment, Y_{ik} , enligt (3).

$$Y_{ik} = \frac{A_i}{n_i \cdot a_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ijk} \quad (3)$$

där A_i betecknar arealen för avdelning i , n_i antalet provytor som dras i avdelning i i det aktuella fallet, a_i provytans areal i avdelning i och y_{ijk} volymen i avdelning i , provyta j och sortiment k . Detta är en tillämpning av Horwitz-Thompson skattning (se tex Bondesson 1990b). Värdet Y_{ik} utgör den slutliga skattningen av avdelningens volym med det aktuella antalet provytor bestämt utifrån klustertillhörighet.

4.3.3 INVENTERINGSDESIGN

Simuleringarna utfördes med följande förutsättningar:

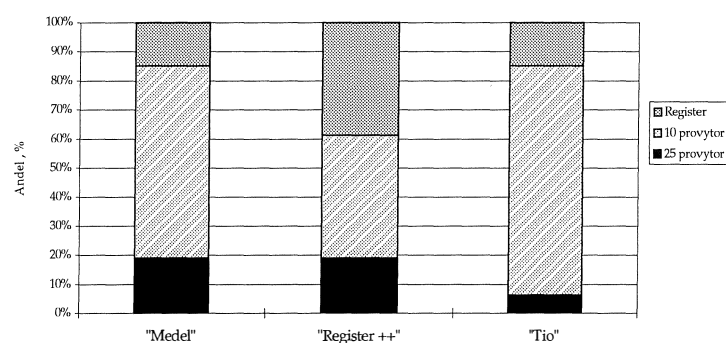
1. 2 provytor per avdelning
2. 10 provytor per avdelning
3. 25 provytor per avdelning
4. Registervärden
5. Anpassade inventeringar med olika utformning. Kombinationer av 2, 3 och 4.

Registervärden: punkten 4 avser efterlikna en situation där ingen inventering utförs. Istället utnyttjas en databank med redan inventerade avdelningar. Utifrån vissa registerdata väljs den avdelning ur databanken som mest liknar den aktuella. Data från inventeringen av substitutavdelningen tilldelas sedan den avdelning för vilken utfall ska skattas. Grad av likhet bedömdes utifrån följande registervärden:

- grundtyevägd medeldiameter, D_{gv}
- grundtyevägd medelhöjd, H_{gv}
- virkesförråd
- trädslagsblandning uttryckt i andel tall av virkesförrådet

De Euklidiska avstånden mellan samtliga i försöket ingående avdelningar beräknades enligt (1) och standardiserades enligt (2) och variablerna åsattes samma vikter som vid klustringen av avdelningarna. Den avdelning som uppvisade det kortaste avståndet till en given avdelning valdes till substitutavdelning.

Anpassad inventering: punkten 5 är beteckningen på en inventeringsdesign där valet av metod grundar sig på avdelningens egenskaper beträffande virkesförrådet sammansättning. Inventeringsmetoderna 2, 3 och 4 ovan tilldelades avdelningar utifrån aktuell kluster-tillhörighet (se avsnitt 4.1). Variablerna D_{gv} , H_{gv} och virkesförråd styrde valet av inventeringsdesign. Kluster med höga värden för dessa variabler tilldelades en intensiv metod, och avdelningar med låga värden en extensiv. Figur 4 och tabell 2 och redovisar de olika anpassade inventeringarnas sammansättning. För egenskaper hos avdelningar ingående i de olika klustren, se bilaga 2.



Figur 4 De anpassade metodernas sammansättning av inventeringsmetoder. Andel av det totala antalet avdelningar.

Tabell 2 Tilldelning av inventeringsmetod till kluster med skilda egenskaper. Se även bilaga 2.

Anpassad design	Metod tilldelad kluster nummer		
	25 provytor	10 provytor	Register
"Medel"	11, 15, 7, 2	1, 3, 4, 8, 9, 10, 13	5, 6, 12, 14
"Register ++"	11, 15, 7, 2	1, 3, 8, 9	4, 5, 6, 10, 12, 13, 14
"Tio"	11, 15	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13	5, 6, 12, 14

4.3.4 KOSTNADSBERÄKNING

I varje försöksled beräknades kostnaden för inventeringen. Kostnaderna för de avdelningar som inventerades summerades till en total kostnad för målvolymen 50 000 m³fub. Då register-data användes sattes kostnaden till noll. Ingen fast kostnad per avdelning har medtagits. I praktiken besöks varje avdelning i samband med den operativa planeringen av naturvård och drivning (Larsson pers. medd. 1996). Ett beslut om inventering medför således en rörlig kostnad vars storlek varierar med vald metod.

Kostnaden för inventering av cirkelprovytor grundar sig på tidsåtgången samt personal-kostnad per tidsenhet. Tidsåtgången utgörs av en fast tid per provyta, rörlig tid per klavat träd samt gångtid mellan ytor. Alla tider liksom kostnad per tidsenhet kan varieras. Följande uppgifter antogs i den aktuella studien:

- Gång mellan ytor: 200 sek/100m.
- Fast tid per yta inklusive 1,5 provträd: 320 sek
- Tid per klavat träd: 12 sek
- Timkostnad: 333 SEK

Kostnaden för ett dagsverke om 8 timmar är 2000 SEK (Larsson pers. medd. 1996) vilket motsvarar 250 SEK per timme. Dock antogs här att inventering inte sker effektivt alla 8 timmarna utan endast i 6 timmar. Därigenom blir timkostnaden 333 SEK.

5 RESULTAT

5.1 OM RESULTATEN

Vid en granskning av resultaten från simuleringarna av inventering med olika design bör läsaren vara införstådd med vad som avses med främst uppgifterna om standardavvikelser för skattningarna. Se bilaga 1 för en mera grundlig genomgång av begreppen.

För volymer redovisas standardavvikelsen mellan de 100 upprepningarna i simuleringen, för differensen mellan prognos och Facit. Den anges i relativa termer, som andel av volymen enligt Facit. Till dessa fel ska läggas de tillfälliga och systematiska fel som utbytesberäkningarna är behäftade med vid jämförelse med verkligt utfall efter avverkning. De systematiska felet yttrar sig ofta som en överskattning av stocklängderna och en överskattning av timmervolymen till följd av underskattning av andelen tvångskap p g a skador och krökar (Brunberg 1994, Eklund 1995). Resultaten ger dock en korrekt rangordning av de olika metoderna och en nivåläggning av de totala felens storlek kan göras i efterhand. Detta sker lämpligen via studier av hur Facit förhåller sig till sanna data efter avverkning av ett antal avdelningar. En komplikation i sammanhanget är att utfallet efter avverkning avgörs av de instruktioner, i form av prislistor eller fördelningsönskemål, som utnyttjas i apteringsdatorn. Naturligtvis måste dessa instruktioner vara desamma i skattningen som vid avverkningen och resultaten ger då endast svaret för den aktuella instruktionen.

Den standardavvikelse som redovisas för kostnader förknippade med respektive inventeringsdesign avser den mellan de 100 upprepningarna i simuleringen.

5.2 VOLYMSKATTNING PER TRÄDSLAG OCH TOTALT

Tabell 3 redovisar resultaten av simulering av inventering för skattning av månadsvisa prognoser över leverans av sågtimmer. Den totala volymen är ca 50 000 m³fub. Den volymvägda trädslagsfördelningen mellan gran och tall är jämn i materialet, varför den totala volymen fördelades jämt mellan trädslagen. De relativa standardavvikelserna är relaterade till medelvärdet av de 100 simulerade Facit-volymer för respektive trädslag och totalt. Det bör observeras att dessa resultat endast beskriver förmågan att skatta de totala volymerna av tall och gran samt summan av dessa. Det framgår inte hur väl enskilda sortiment skattas. Se vidare avsnitt 5.3.

Tabell 3 Relativ standardavvikelse för skattningar av volymer fördelade på trädslag och totalt för prognoser över leverans av sågtimmer. Medelvärden för differenser mellan prognos och Facit.

Design	Tall		Gran		Total		Kostnad	
	Volym (m ³ fub)	Stdavv (%)	Volym (m ³ fub)	Stdavv (%)	Volym (m ³ fub)	Stdavv (%)	Kostnad (SEK)	Stdavv (%)
2 provytor	-99	7,3	219	8,0	120	4,5	10076	6,8
10 provytor	61	3,3	152	3,1	212	2,0	39962	6,0
25 provytor	-54	2,0	-21	2,4	-75	1,4	92066	6,2
Register	-1960	8,0	-844	8,9	-2804	5,5	0	0
"Medel"	235	3,5	-50	4,9	185	2,8	44975	7,7
"Tio"	176	3,5	101	4,3	277	2,4	37414	6,7
"Register ++"	-20	4,5	648	5,3	627	3,4	34871	10,1

Av tabell 3 framgår att standardavvikelsen för volymsuppgifter sjunker då antalet provytor ökar. För de trädslagsvisa uppgifterna från ca 7-8% för fallet med 2 provytor, ned till endast 2% då 25 provytor används. Värt att notera är att redan med 10 provytor är standardavvikelsen så låg som dryga 3%. Skillnaderna mellan trädslagen är små, dock uppstår en

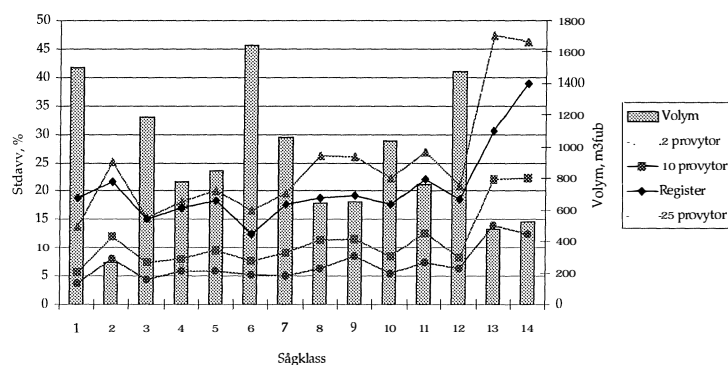
större skillnad då de anpassade metoderna används jämfört med rena provytemetoder. Alternativet att endast utnyttja registerdata tillsammans med en databank med uppgifter från inventerade objekt, medför standardavvikelse på ca 8% för tall och nära 9% för gran. För de anpassade inventeringarna ligger nivån för tall mellan 4,5% för "Register ++" ned till ca. 3,5% vardera för "Medel" och "Tio".

Endast registeralternativet uppvisar en icke försumbar bias (se även bilaga 6), i och med att medeldifferensen mellan prognos och Facit är väsentligt skild från noll. Såväl för tall som gran och totalt underskattar dessa prognoser Facit, d v s den "sanna" volymen. För övriga designer är medeldifferensen mellan prognos och Facit ett resultat av det begränsade antalet upprepningar i simuleringen. Vidare bör noteras de stora skillnaderna i total kostnad för inventering med olika design. Denna varierar från ca 10 000 SEK då inventering utförs med endast 2 provytor, till ca 92 000 SEK då antalet provytor höjs till 25. Att enbart använda registervärden för koppling till en databank med inventerade avdelningar medför ingen kostnad (se avsnitt 4.3.3). De anpassade inventeringarna varierar från knappt 35 000 SEK för alternativet "Register ++" till ca 45 000 SEK för "Medel". Dessa kostnader ligger i nivå med en cirkelyteinventering med 10 provytor.

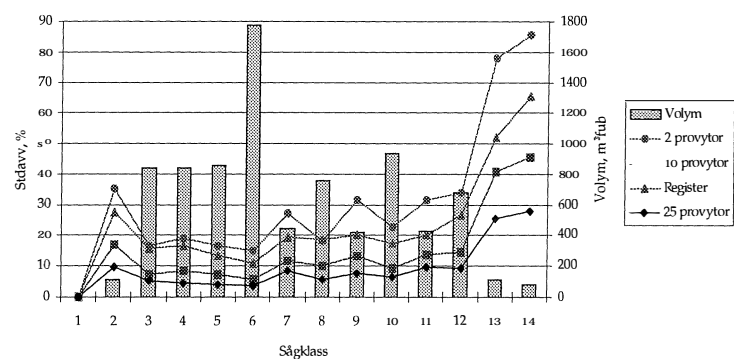
5.3 VOLYMSKATTNING PER SORTIMENT

5.3.1 GRUNDALTERNATIV

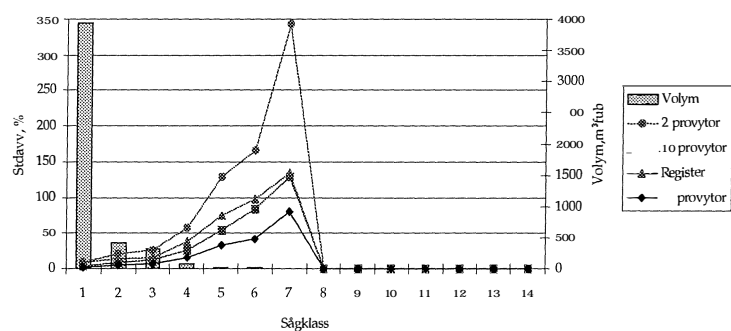
Figur 5 - 10 beskriver standardavvikelsena vid skattning av volymer fördelade på sortiment. De volymer som redovisas är i enlighet med Facit. För redovisning av de aktuella skattningarna av prognosvolymer och Facit för de olika designen, se bilaga 3 - 6. Där framgår även eventuell bias i skattningarna med respektive design.



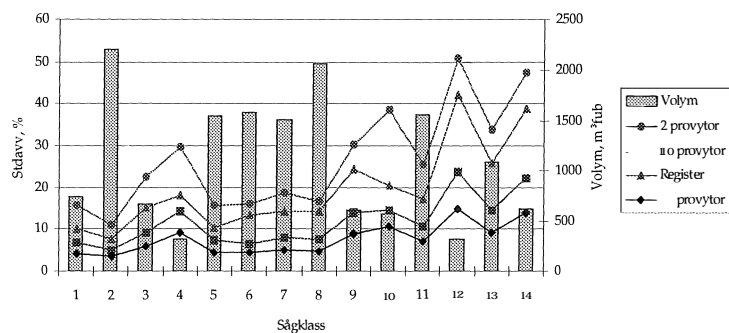
Figur 5 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Rotstockar av tall



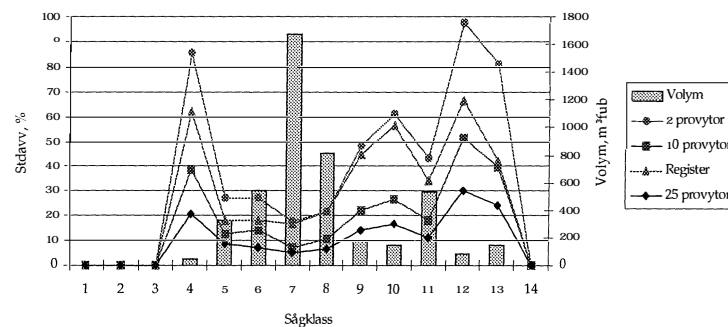
Figur 6 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Mellanstockar av tall.



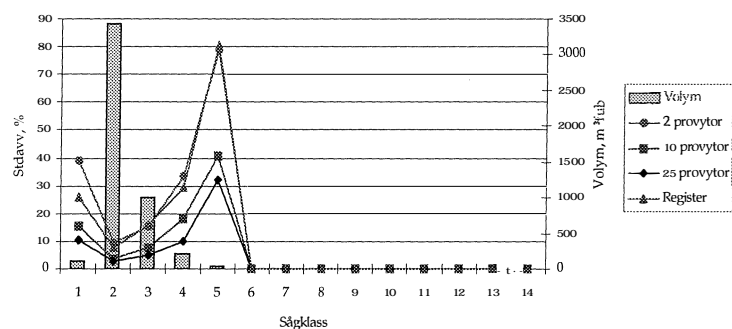
Figur 7 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Toppstockar av tall.



Figur 8 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Rotstockar av gran.



Figur 9 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Mellanstockar av gran.



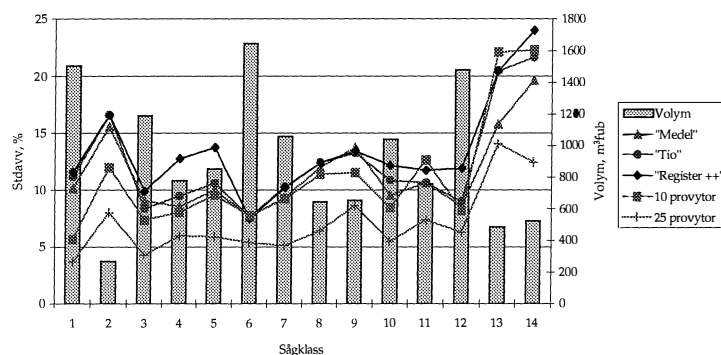
Figur 10 Relativ standardavvikelse för skattning av volymer med olika inventeringsdesign. Toppstockar av gran

Kurvorna i diagrammen beskriver standardavvikelsen för skattning av volym i varje sortiment. Som väntat minskar standardavvikelsen då antalet provytor ökar. Inga stora skillnader i förhållandet mellan metodernas förmåga att skatta volymerna i de olika kombinationerna kan utläsas. Metoderna håller genomgående sina inbördes avstånd. Skattning av volymer med enbart registerdata uppvisar standardavvikelser som väl följer trenden hos de övriga metoderna. Nivån ligger så när som i ett fall - rotstockar av tall och sågklass 2 - lägre än då 2 provytor används. Generellt gäller att kurvorna har en positiv lutning vilket innebär att standardavvikelsen ökar med ökande stockdiameter. För de grövsta diameterklasserna för rotstockar gäller att standardavvikelsen kan bli mycket hög - från 10 upp till 50%. Samma tendens finns i extrema diameterklasser rot- och mellanstockar. Här kan standardavvikelsen uppgå till mellan 20 och 100%. Ofta är volymerna små och därmed också de absoluta felen. För grova rotstockar av både tall och gran är dock volymerna betydande - mellan 500 och 1000 m³fub.

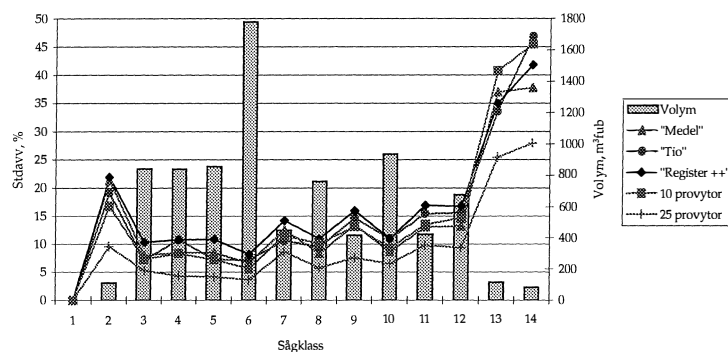
För alternativet att utnyttja registerdata är skattningarna behäftade med bias. Det finns en tendens till större bias i sågklasser som kan tänkas vara ovanliga för respektive stocktyp. Detta är mest tydligt för rotstockar av tall där klena och grova diameterklasser uppvisar större bias än de övriga - ända upp till extrema 50% av volymen enligt prognos (se bilaga 6).

5.3.2 ANPASSAD INVENTERING

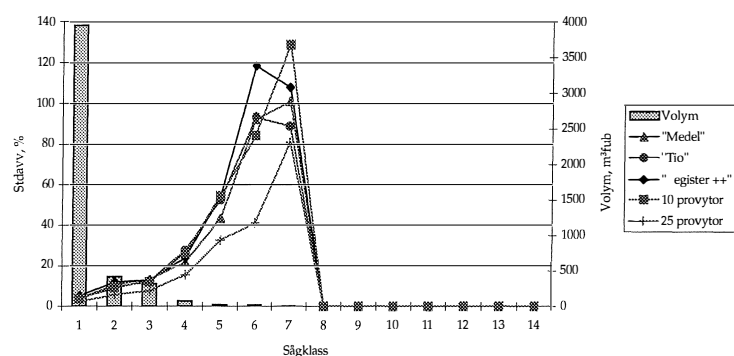
Figur 11 - 16 beskriver standardavvikelse vid skattning av volymer fördelade på trädslag, stocktyp och sågklass. De volymer som redovisas är i enlighet med Facit. För redovisning av de aktuella skattningarna av prognosvolymer och Facit för de olika designen, se bilaga 7 - 9, där även eventuell bias i skattningarna med respektive design framgår.



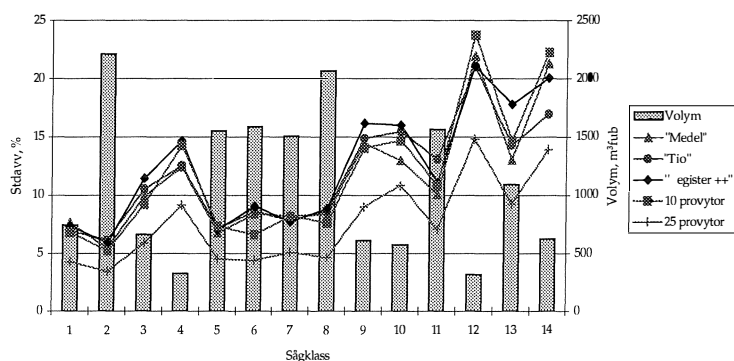
Figur 11 Relativ standardavvikelse för volymskattning med anpassade inventeringsmetoder. Rotstockar av tall.



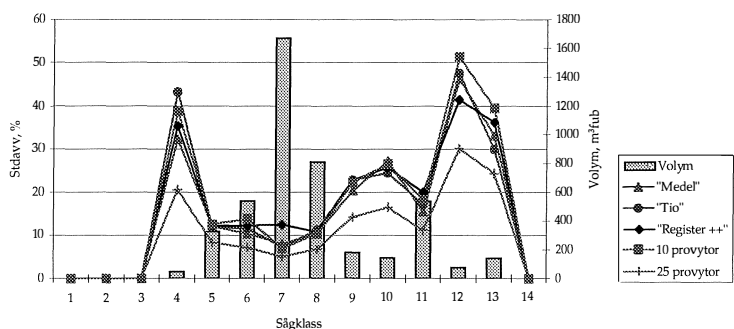
Figur 12 Relativ standardavvikelse för volymskattning med anpassade inventeringsmetoder. Mellanstockar av tall.



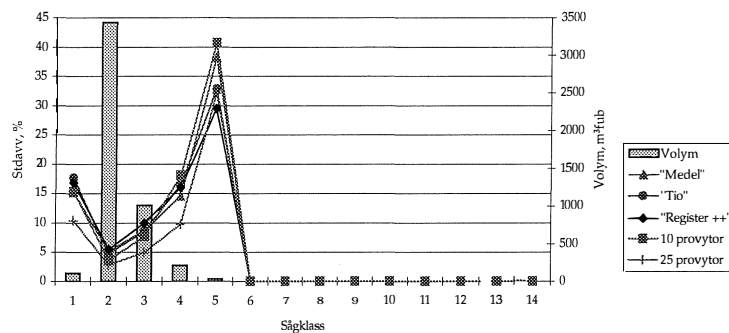
Figur 13 Relativ standardavvikelse för volymskattning med anpassade inventeringsmetoder. Toppstockar av tall.



Figur 14 Relativ standardavvikelse för volymskattning med anpassade inventeringsmetoder. Rotstockar av gran.



Figur 15 Relativ standardavvikelse för volymskattning med anpassade inventeringsmetoder. Mellanstockar av gran.



Figur 16 Relativ standardavvikelse för volym-skattning med anpassade inventeringsmetoder. Toppstockar av gran

Trenden i resultaten är genomgående den, att de anpassade metoderna uppvisar större standardavvikelser än metoden med 25 provytor, men endast något större eller helt i nivå med alternativet att använda 10 provytor. För grövre diameterklasser är det t o m tydligt så att de anpassade metoderna ger lägre standardavvikelse än den med 10 provytor, vilket ju också varit tanken vid sammansättningen av dessa metoder. Bland de anpassade metoderna ligger alternativet "Medel" i regel bäst till, men skillnaderna är relativt små. Ingen av metoderna uppvisar någon nämnvärd bias (se bilaga 7-9).

För grova rotstockar av tall är standardavvikelsen ca 10-25% med anpassade metoder liksom för den med 10 provytor, och 5-15% för alternativet med 25 provytor. För mellanstockar ligger nivåerna på 15-45% respektive 10-25%. De klena diameterklasserna för denna stocktyp uppvisar standardavvikelser kring 20% med anpassade metoder och ca 10% då 25 provytor utnyttjats. Rotstockar av gran skattas med anpassade metoder samt med bruk av 10 provytor med en standardavvikelse mellan 15-25%. Om 25 provytor används sjunker nivån till 10-15%. För grova mellanstockar är de aktuella siffrorna högre - 20-50% respektive 10-30%. De klena mellanstockarna skattas med den förstnämnda kategorin metoder med standardavvikelsen 10-40% och med 25 provytor 10-20%.

6 DISKUSSION

6.1 VOLYMSKATTNING PER TRÄDSLAG OCH TOTALT

När resultaten för de totala volymerna per trädslag granskas står det klart att standardavvikelsen för volymsuppgifterna sjunker då antalet provytor ökar, vilket är helt väntat. Att yttra sig om de exakta felnivåerna i jämförelse med sanna data efter avverkning låter sig inte göras i denna studie (se avsnitt 5.1). Dock verkar nyttan av att öka antalet provytor från 10 till 25 vara mycket tveksam, sett för skattningar av totala volymer per trädslag. Den lilla förbättring som erhålls, ungefär 1 procentenhet, kan knappast motivera den mer än fördubblade kostnad som utnyttjandet av 25 provytor medför, om endast de totala volymerna per trädslag är av intresse (jfr avsnitt 6.2). De anpassade inventeringsdesignen ligger på en något högre felnivå än då 10 provytor används och skillnaderna mellan trädslagen är större. Detta är en följd av den tilldelning av metoder som skett till avdelningar av olika typ. Att grantimmer skattas sämre torde helt enkelt bero på att färre avdelningar med hög andel gran skattats med intensiva metoder. Om andra varianter testas bör sådana skillnader kunna reduceras. För att upptäcka alla sidor hos inventeringsmetoderna och uppskatta nyttan med de anpassade metoderna krävs högre upplösning i resultaten, se avsnitt 6.2.

Provytemetoderna är väntesvärdesriktiga och den lilla tendens till bias som kan ses i bilaga 3, då 2 provytor samplats, är endast en effekt av för få upprepningar i simuleringen. Att utnyttjande av registerdata tycks medföra ett systematiskt fel förklaras av hur substitutavdelningarna väljs i databanken av inventerade avdelningar. Om en viss avdelning väljs som substitut till många avdelningar, som inbördes uppvisar en viss variation, kommer ett systematiskt fel att uppstå. Detta fel bör minska om databankens sammansättning förändras och antalet ingående avdelningar utökas. I det aktuella fallet fanns endast 141 avdelningar att tillgå.

6.2 VOLYMSKATTNING PER SORTIMENT

6.2.1 GRUNDALTERNATIV

Redovisning av de olika metodernas förmåga att skatta volymer i de olika sortimenten förändrar inte de inbördes rangordningen av metoderna. Detta gäller såväl provytemetoder som fallet med registerdata. Dock avslöjar den högre upplösningen av resultatet en viktig egenskap hos skattningarna. Skattningarna av volymer för grova diametrar hos rotstockar av såväl tall som gran uppvisar mycket höga standardavvikelser. Denna effekt framgår inte om endast den totala volymen av tall- respektive grantimmer betraktas. Orsaken till de stora felen är att färre stockar från färre antal avdelningar bygger upp volymerna i grova diameterklasser jämfört med klana. Därigenom slår enskilda skattningar igenom tydligare vid beräkning av standardavvikelse. Denna effekt syns även för mellanstockar i diameterklasser som är ovanliga för stocktypen, d v s för extremt klana eller extremt grova stockar. För de klana diameterklasserna är emellertid volymerna som hanteras så små att problemet är försumbart. Så är inte fallet med grövre diametrar, allra helst inte för rotstockar. Inventering med 25 provytor ger väsentligt bättre skattningar i dessa segment jämfört med andra metoder - ca 10 procentenheter lägre standardavvikelse. Detta tyder på att det, oavsett vikten av god kontroll på grova diametrar jämfört med klana, finns en mening i att inventera mera noggrant i avdelningar med hög medeldiameter.

Om registerdata används för val av data ur en databank uppstår stora fel för grova diameterklasser, i synnerhet för rotstockar. Felen är såväl tillfälliga som systematiska. Trenden att extrema diameterklasser i respektive stocktyp är behäftade med större bias än andra förklaras av att det sannolikt finns färre antal avdelningar med sådana träd. Därigenom är antalet möjliga substitutavdelningar till en given avdelning med registerdata av den typen begränsat och det systematiska felet blir större.

6.2.2 ANPASSAD INVENTERING

Genom att i de anpassade inventeringarna rikta ansträngningarna i inventeringsarbetet mot avdelningar med hög medeldiameter, hög medelhöjd och högt virkesförråd är det möjligt att sänka värdena för standardavvikelse i grövre sågklasser. Detta i jämförelse med att utnyttja 10 provytor i samtliga avdelningar. De anpassade metoderna uppvisar visserligen en något högre felnivå för övriga klasser, men skillnaderna torde vara försumbara. Kostnadmässigt är de anpassade metoderna jämförbara med alternativet att inventera 10 provytor. Bland de försök som gjorts, verkar fallet "Medel" vara den design som bäst skattar volymerna. Dessa metoder är inte behäftade med någon bias av betydelse, vilket beror på att förhållandevis liten andel av avdelningarna skattas med registermetoden, speciellt gäller det avdelningar med hög medeldiameter etc, se figur 4, tabell 2 och bilaga 2.

Med anpassad inventering kan de största felen minskas utan att andra ökar nämnvärt samtidigt som kostnaden är ungefär oförändrad. Exakt hur anpassningen ska göras kräver ytterligare undersökningar, där avnämarna av prognoserna får komma till tals.

6.3 SLUTSATSER EFTER INVENTERINGSSTUDIE

- ⇒ Nyttan av att genomgående använda 25 provytor jämfört med 10 stycken är troligen mycket tveksam, med tanke på att inventeringskostnaden mer än fördubblas, så tillvida inte mycket höga krav ställs på noggrannheten i skattningarna av alla sortiment.
- ⇒ Att enbart betrakta totala volymer av gran och talltimmer döljer viktiga egenskaper hos de studerade metoderna. När prognoserna för leverans av timmer bryts ned på sortiment synliggörs stora tillfälliga fel i skattningarna. Detta gäller främst grova rotstockar där volymerna är sådana att felskattningar får praktisk betydelse. Detta beror på att antalet stockar som bygger upp dessa volymer är litet och härrör från få avdelningar varför felskattningar i enskilda fall får kraftigt genomslag. Utnyttjande av 25 provytor ger avsevärt bättre skattningar i dessa segment. Slutsatsen av detta är att inventeringsinsatsen bör göras mera intensiv i avdelningar med grov medeldiameter.
- ⇒ Studien har visat på möjligheten att genom anpassning av inventeringsinsatsen inrikta ansträngningarna mot vissa råvarusegment, och därigenom minska felen i leveransprognoserna för dessa.
- ⇒ Utnyttjandet av registerdata tillsammans med en databank av inventerade avdelningar är en metod med potential. Den ger redan i det enkla utförande som presenteras här användbara skattningar av volymer. Efter utveckling av databankens komposition och det sätt på vilket substitutionsavdelningar väljs utifrån registerdata, bör metoden kunna förbättras avsevärt. En möjlighet är att välja ut flera närliggande avdelningar och skapa vägda medelvärden för dessa, för att därefter tilldela den aktuella avdelningen dessa data. Detta bör minska såväl de tillfälliga som de systematiska felen.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Andersson, G., Lidén, B., Wigren, C., Bergstrand, K-G., Granlund, P., Nordmark, U., Skutin, S-G. 1994. *Vägar till ett effektivare råvaruflöde*. SkogForsk. Redogörelse nr 3. Uppsala.
- Ankarling, O. 1995. *Ett svenskt sågverks leveransservice*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Examensarbete i virkeslära. Nr 41. Umeå.
- Adolfsson, G. och Berg, P. 1992. *Rätt stock till rätt sågklass. Jämförande mätning av sågtimmer vid aptering, vederlagsmätning och sortering*. Trätek. Kontenta 9210064. Stockholm.
- Adolfsson, G. och Berg, P. 1994. *Samverkan mellan såg och skog. Dåliga mättekniska förutsättningar för styrning*. Trätek. Kontenta 9403008. Stockholm.
- Adolfsson, G. & Lundberg, H. 1993. *SITS - Skoglig Informationsöverföring Till Sågverk - dagsläge och framtida behov*. Trätek. Kontenta 9309048. Stockholm.
- Adolfsson, G. & Lycken, A. 1993. *Individmärkning av stockar*. Trätek. Kontenta 9302009. Stockholm.
- Axelsson, R. 1975. *Funktioner för utbytesberäkning*. Forskningsstiftelsen skogsarbeten. Redogörelse nr 6. Uppsala.
- Bjurulf, A. 1992. *Bättre drag i virkesflödet*. SkogForsk. Redogörelse Nr 1. Uppsala.
- Bjurulf, A., Brodin, K., Svensson, N., Tarre, E. 1993. *TRÄ 50 - ger trä ökad konkurrenskraft*. SkogForsk Resultat Nr 17. Uppsala.
- Bondesson, L. 1990a. *Den multivariata analysens grunder*. Kompendium i statistik för jägmästarstuderande. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Umeå.
- Bondesson, L. 1990b. *Samplingteknikens grunder*. Kompendium i statistik för jägmästarstuderande. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Umeå.
- Brunberg, T. 1994. *Resultat från virkesfångststudie hos AssiDomän Skog och Trä AB, Östersunds Skogsförvaltning*. SkogForsk. Stencil. Uppsala.
- Cernold, Å. 1981. *Utbytestabeller för rotstående skog*. 3:e upplagan.
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling techniques*. John Wiley & Sons.
- Djurberg, H. 1996. *GPS - är tekniken mogen för tillämpning i svenskt skogsbruk*. Seminariearbete i ämnet skogsteknik. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetenskapliga fakulteten. Studentuppsatser nr 2. Garpenberg.
- Droessler, T.D, & Burk, T.E. 1989. *Diameter Distributions*. Scandinavian Journal of Forest Research 4:407-415.
- Edgren, V. & Nylinder, P. 1950. *Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark. Tall och gran norra och södra Sverige*. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 38. Nr 7. Stockholm.

Eid, T. 1991. *Konsekvenser av feil i datagrunnlag for planlegging og gjennomføring av planer på skogeiendommer*. Rapport fra Skogforsk 91:9. Ås.

Eid, T. 1993. *Random errors and strategic planning in forestry*. Meddelelser fra Skogforsk 46:7. Ås.

Efron, B. 1982. *The Jackknife, the Bootstrap and other resampling plans*. CBMS-NSF. Regional cinference in applied mathematics.

Eklund, M. 1995. Utbytesberäkning. *Utvärdering av ett system för beståndsvis utbytesberäkning*. Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbete i virkeslära. Nr 43. Umeå.

Eriksson, L O. & Sallnäs, O. 1987. *A Model for Predicting Log Yield from Stand Characteristics*. Scandinavian Journal of Forest Research 2:253-261. ?????

von Essen, J. & Sondell, J. 1996. *Samma språk i skog och såg!* SkogForsk. Utvecklingskonferens 1996. Uppsala.

Grönlund, A. 1993. *Kvalitetsmätning idag och imorgon*. Skogsakta Konferens Nr 17. Sveriges lantbruksuniversitet skogsvetenskapliga fakulteten. Umeå.

Hellström, C & Johansson, S. 1993. *Var går gränsen? Arealbestämning med GP-teknik*. SkogForsk Resultat Nr 14. Uppsala.

Jacobsson, J. 1986. *Optimization and data requirements-A forest management planning problem*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Forest Management, Section of Forest Mensuration and Management. Umeå.

Johansson, L. & Westerlund, B. 1985. *Aptering och värdering av stående skog*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning, avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Rapport 13. Umeå.

Johansson, S. & Liukko, K. 1992. Satellitbaserad positionsbestämning med NAVSTAR-GPS och dess skogliga tillämpningsmöjligheter. Sveriges lantbruksuniversitet. Seminariearbete i ämnet skogsteknik. Umeå.

Jonsson, B., Jacobsson, J. & Kallur, H. 1993. *The Forest Management Planning Package. Theory and application*. Swedish University of Agricultural Sciences. Faculty of Forestry. Studia Forestalia Suecica. No. 189. Uppsala.

Kendall, M. 1975. *Multivariate Analysis*. Charles Griffin and Company Ltd. Bucks.

Kihlbom, P. & Sondell, J. 1994. *Prov med två simuleringsverktyg för aptering*. SkogForsk. Resultat Nr 16. Uppsala.

Klensmeden, U. & Rådström, L. 1986. *Rationell råvaruförsörjning förutsätter tydliga resultat*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Redogörelse nr 2. Stockholm.

Larsson, M. 1994. *Betydelsen av kvaliteten i skogliga avdelningsdata för skattningar av volymtillväxt och inoptimalförluster*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för biometri och skogsindelning. Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Rapport 26. Umeå.

Lindgren, O. 1984. *A study on circular plot sampling of Swedish forest compartments*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Forest Management, Section of Forest Mensuration and Management. Report 11. Umeå.

- Lundberg, H. & Tarre, E. 1993. *Vinnande aptering - Hur anpassas tiimret efter produktionsförutsättningar och kundkrav*. Trätek. Rapport Nr 9301003. Stockholm.
- Lönner, G. 1993. *Att integrera både framåt och bakåt*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsfakta Konferens. Nr 17. Uppsala.
- Maltamo, M., Puumalainen, J. & Päivinen, R. 1995. *Comparison of Beta and Weibull Functions for Modelling Basal Area Diameter Distribution in Stands of Pinus sylvestris and Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research 10:284-295.
- Matérn, B. 1963. *Some remarks on the sample size in forest inventories*. Royal College of Forestry, Department of Forest Biometry. Stockholm.
- Matérn, B. 1978. *Om skogsinventeringens statistiska problem*. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 6-1978.
- Nilsson, G. 1976. *Stamfördelningar*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse Nr 2. Stockholm.
- Nylinder, M., Grace, L., Jonsson, L. 1994. *Sortering av timmer*. Sågverken nr1-2 s.14-17.
- Näslund, M. 1940. *Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall gran och björk i norra Sverige*. Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt 32:4. Stockholm.
- Ollas, R. 1980. *Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten ekonomi. Nr 5. Stockholm.
- Persson, S. & Segner, U. 1996. *Aspekter kring datakvalitets betydelse för den kortsiktiga planeringen*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 6. Umeå.
- Rönnbäck, H. 1995. *Analys av ideal virkeslagernivå för SCA inom område Virke Nord*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Examensarbete i virkeslära. Nr 40. Umeå.
- Skogsstyrelsen. 1994. *Skogsvårdslagen. Handbok*. Jönköping.
- Skutin, S-G. 1993. *Målstyrning av virkesflödet - användning av lokalt informationssystem*. SkogForsk. Resultat Nr 1. Uppsala.
- Skutin, S-G. 1996. *Processeffektivisering ger nöjdare kunder och högre lönsamhet*. SkogForsk. Utvecklingskonferens 1996. Uppsala.
- Sondell, J. 1993. *Ändamålsanpassad aptering*. SkogForsk Resultat Nr 18. Uppsala.
- Sondell, J. 1994. *Bra virkesdata nyckeln till ändamålsanpassad råvara*. SkogForsk.Redogörelse nr 3. Uppsala.
- Sondell, J. & Wigren, C. 1992. *Ändamålet helgar apteringen*. SkogForsk. Redogörelse Nr 1. Uppsala.
- Sondell, J. & Wigren, C. 1992. *Timupp - detaljerad timmeruppföljning vid sågverket*. SkogForsk Resultat Nr 7. Uppsala.
- Ståhl, G. 1990. *Metoder för effektiv kontroll av skogliga avdelningsdata-Några teoretiska och praktiska studier*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning, avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Arbetsrapport Nr 2. Umeå.

Ståhl, G. 1992. *En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning, avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Rapport 24. Umeå.

Ståhl, G. & Wilhelmsson, E. 1993. Planering av skogsbruk - "Den röda tråden" till grundkurs i Skogsindelning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Umeå.

Ståhl, G. 1994. *Optimizing the utility of forest inventory activities*. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Forest Management, Section of Forest Mensuration and Management. Report 27. Umeå.

Svenson, G. & Westerberg, D. 1992. *Stora lagansvaret*. SkogForsk. Redogörelse Nr 1. Uppsala.

Söderberg, U. 1992. *Funktioner för skogliga produktionsprognoser. - Tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogstaxering. Rapport 52. Umeå.

Teldok74. 1992. Mobil telekommunikation inom skogsbruket. Red. Frank Arnoldsson. Rapport. Stockholm.

Thor, G. & Skutin, S-G. 1995. *Total kvalitetsledning i skogsbruket*. SkogForsk. Redogörelse nr 5. Uppsala.

Thuresson, T. 1994. *Tactical Planning in Forestry*. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Biometry and Forest Management, Section of Forest Mensuration and Management. Report 28. Umeå.

TNC 43 1969. Skogsordlista. Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 43. Stockholm.

VMR, Virkesmättningsrådet 1995. *Kvalitetsklassning av barrsågtimmer*. Information från Virkesmättningsrådet. Märsta.

Wonnacott, T. H. & Wonnacott, R. J. 1990. *Introductory Statistics*. John Wiley & Sons.

Personliga meddelanden

Ek, A. 1995. SCA Timber AB, marknadschef. Tel. 060-193000

Hedin, M. 1995. SCA Timber AB, produktchef. Tel. 060-193000

Johansson, J. 1995. SCA Timber AB. Tel. 060-193000

Larsson, M. 1996. SCA Skog AB, sektionschef. Tel. 060-193000

Lindgren, O. 1996. OL Skogsinventering AB. 063-133795

Nordin, B. 1995. SCA Skog AB, transportchef. Tel. 060-193000

Panhed, P. 1995. SCA Skog AB.

Save, K. 1995. SCA Timber AB, råvarutekniker. Tel. 060-193000

BILAGOR

BILAGA 1 BESKRIVNING AV STANDARDAVVIKELSE OCH KONFIDENSINTERVALL

BILAGA 2 SAMMANSÄTTNING AV KLUSTER

BILAGA 3 INVENTERING MED 2 PROVYTOR

BILAGA 4 INVENTERING MED 10 PROVYTOR

BILAGA 5 INVENTERING MED 25 PROVYTOR

BILAGA 6 REGISTERDATA SOM KOPPLING TILL DATABANK

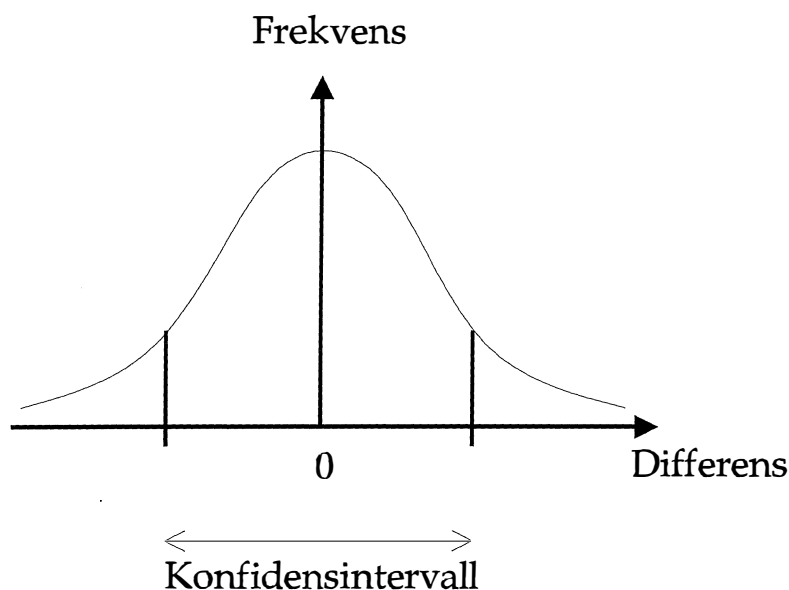
BILAGA 7 ANPASSAD INVENTERING "MEDEL"

BILAGA 8 ANPASSAD INVENTERING "TIO"

BILAGA 9 ANPASSAD INVENTERING "REGISTER ++"

Beskrivning av standardavvikelse och konfidensintervall

I inventeringsstudien har standardavvikelsen för differenserna mellan facit och prognos beräknats och presenterats. Grafiskt kan fördelningen för avdelningar över differenser åskådliggöras som i figuren nedan.



Resonemanget om konfidensintervall nedan förutsätter att observationerna är normalfördelade d v s att frekvensfördelningskurvan kan liknas vid figuren ovan. Ett konfidensintervall beskriver två gränsvärden mellan vilka det sanna värdet med viss sannolikhet kan förväntas ligga. Det är intervallet som är slumpmässigt, det sanna värdet är fast, och med viss sannolikhet omfamnar intervallet det sanna värdet. Intervallets vidd avgörs av storleken på standardavvikelsen för observationerna och kravet på sannolikheten att infånga det sanna värdet.

Följande beräkningar ligger till grund för detta. D avser differensen mellan en väntevärdesriktigt skattad prognosvolym och Facit (3).

$$D_i = (V_{prog} - V_{facit}) \quad (3)$$

där

V_{prog} betecknar prognosvolym

V_{facit} betecknar facitvolym

Standardavvikelsen för D , S_D tecknas

$$S_D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D}) \quad (4)$$

där

n betecknar antalet upprepningar i simuleringen

D_i betecknar differensen i upprepning i

\bar{D} betecknar medelvärdet för differensen över alla upprepningar

Ett konfidensintervall tecknas utifrån detta som (5).

Beskrivning av standardavvikelse och konfidensintervall

$$\hat{Y} \pm Z_p S_D \quad (5)$$

där

\hat{Y} är skattningen av Y

Z_p en faktor vars storlek avgörs av kravet på säkerhet i skattningen

S_D är skattningens standardavvikelse

I texten presenteras standardavvikelsen i procent av volymen enligt Facit. Den aktuella absoluta differensen ges således av produkten mellan volym enligt Facit och relativ standardavvikelse dividerat med 100.

För ett 67%-igt konfidensintervall är Z_p -värdet ca 1 vilket ger konfidensintervallet

$$\hat{Y} \pm S_D$$

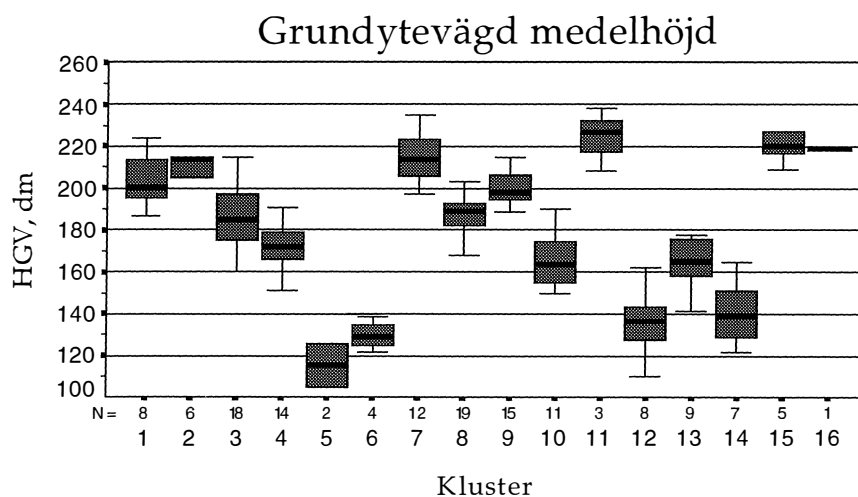
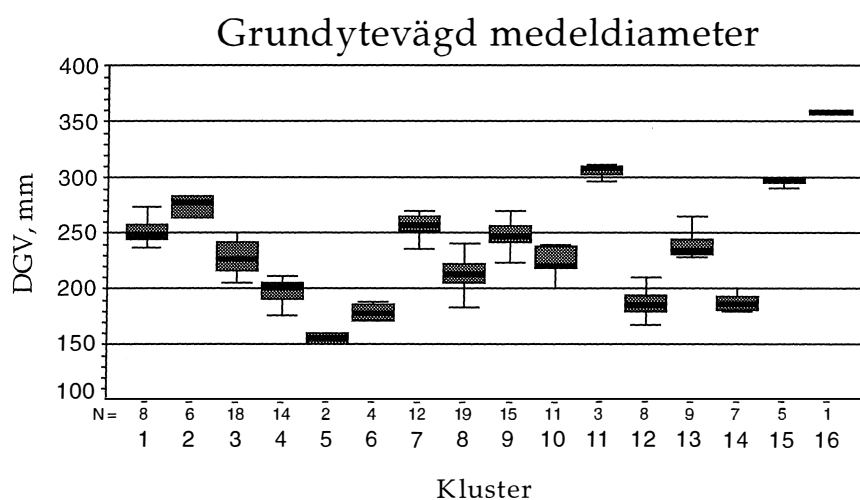
Detta konfidensintervall begränsas följaktligen av det skattade värdet plus standardavvikelsen samt av det skattade värdet minus standardavvikelsen. Med ett 67%-igt konfidensintervall avses det intervall som i 67 fall av 100 täcker det sanna värdet. Om en säkerhet på 95% krävs ökar faktorn Z_p till ca 2 och intervallet fördubblas.

Sammansättning av kluster för variablerna diameter, höjd, virkesförråd och trädslagsblandning

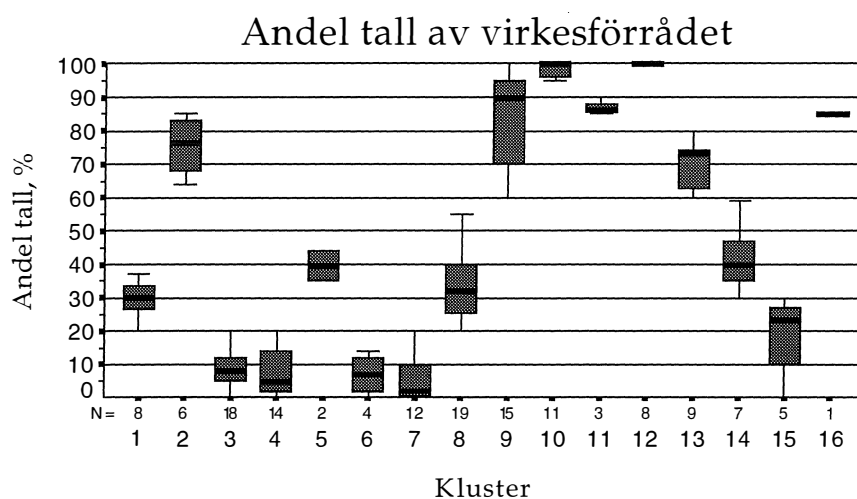
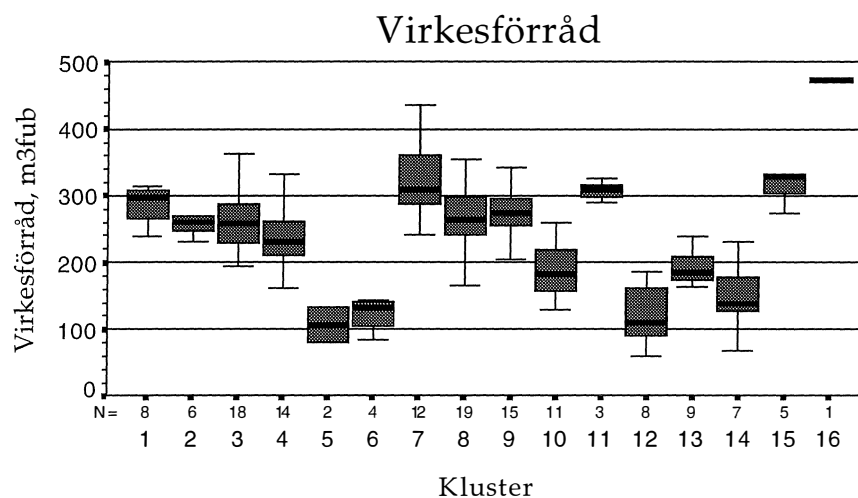
Nedan presenteras figurer över respektive klusters sammansättning av avdelningar för variablerna i turordning:

- Grundytevägd medeldiameter
- Grundytevägd medelhöjd
- Virkesförråd, exklusive överståndare
- Trädslagsblandning, uttryckt som andel tall av virkesförrådet

N på x-axeln avser antalet avdelningar i respektive kluster. För varje kluster visas median som svart linje, kvartiler som en box och eventuellt extremvärden som streck från boxen. Vid de fortsatta beräkningarna har kluster nummer 16 slagits samman med kluster nummer 11, varefter 15 kluster återstår.



Sammansättning av kluster för variablerna diameter, höjd, virkesförråd och trädslagsblandning

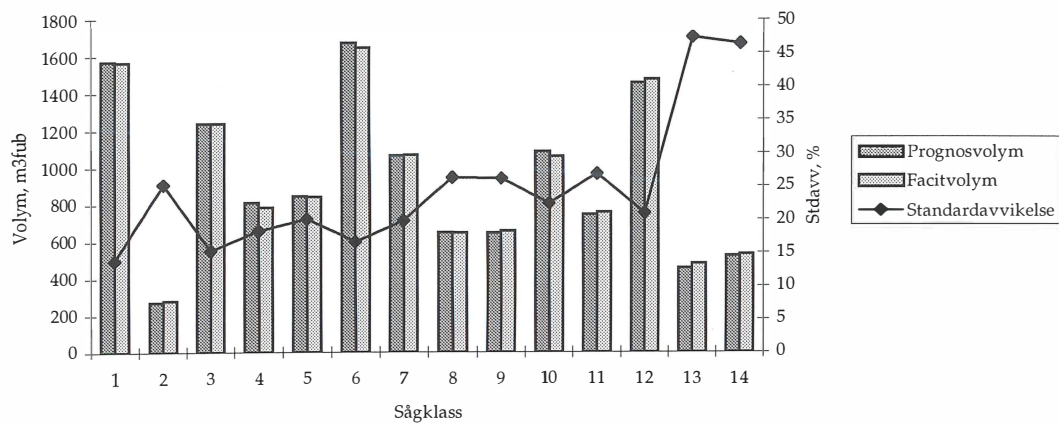


Inventering med 2 provtytor.

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

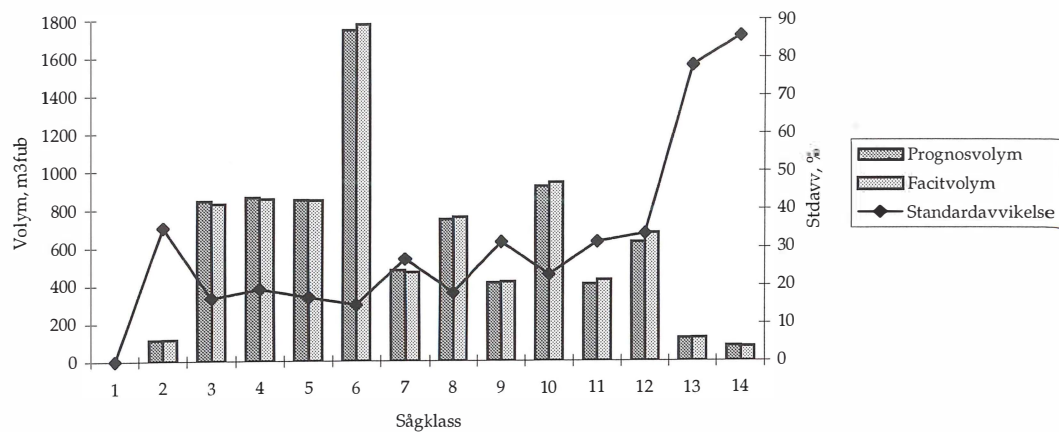
Inventering med 2 provtytor.

Tall, rotstockar.



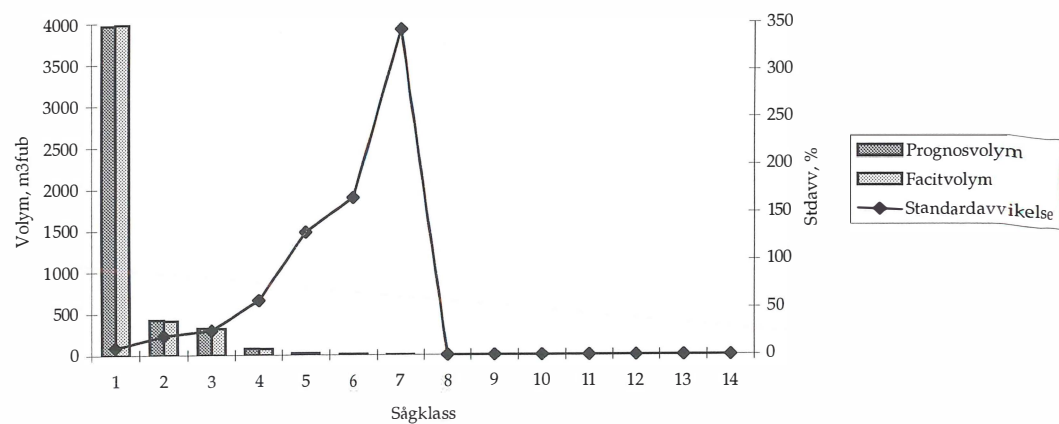
Inventering med 2 provtytor.

Tall, mellanstockar.



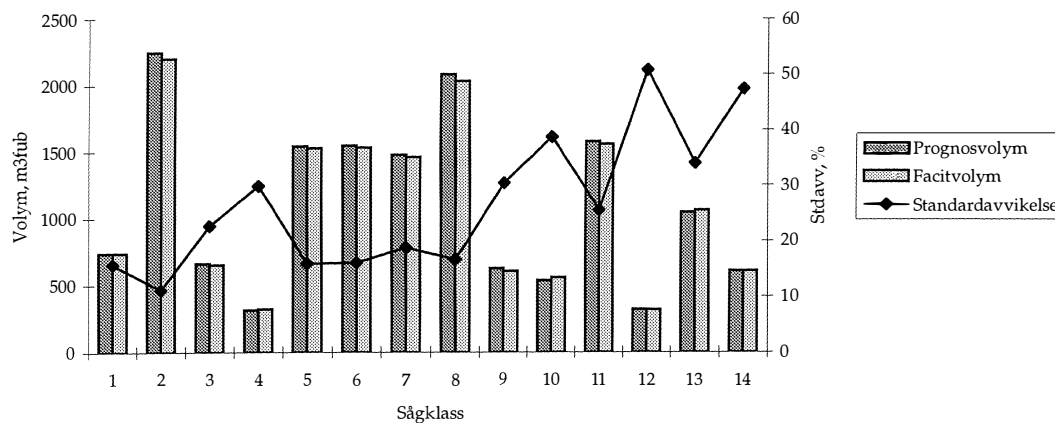
Inventering med 2 provtytor.

Tall, toppstockar.

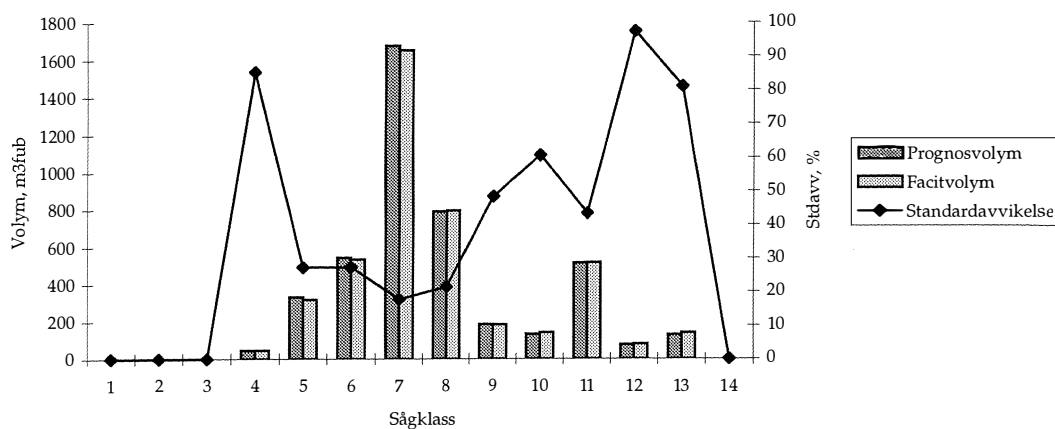


Inventering med 2 provtytor.
Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

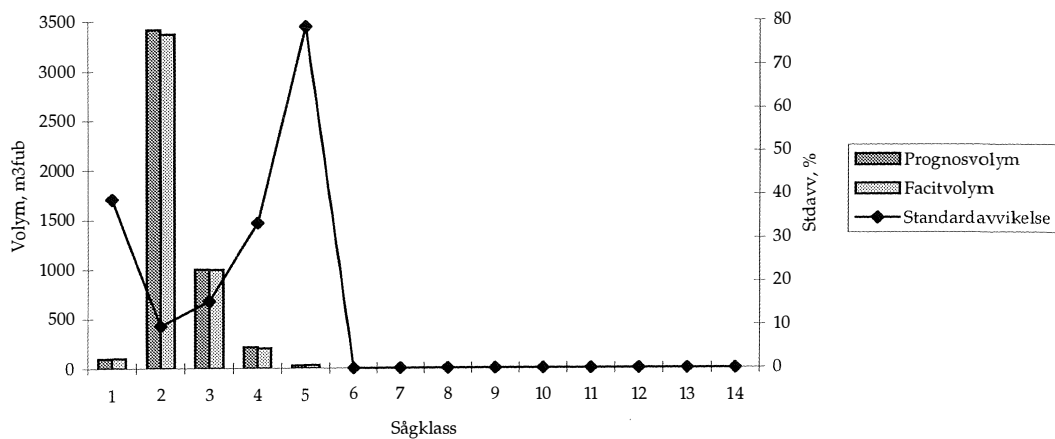
Inventering med 2 provtytor.
Gran, rotstockar.



Inventering med 2 provtytor.
Gran, mellanstockar.

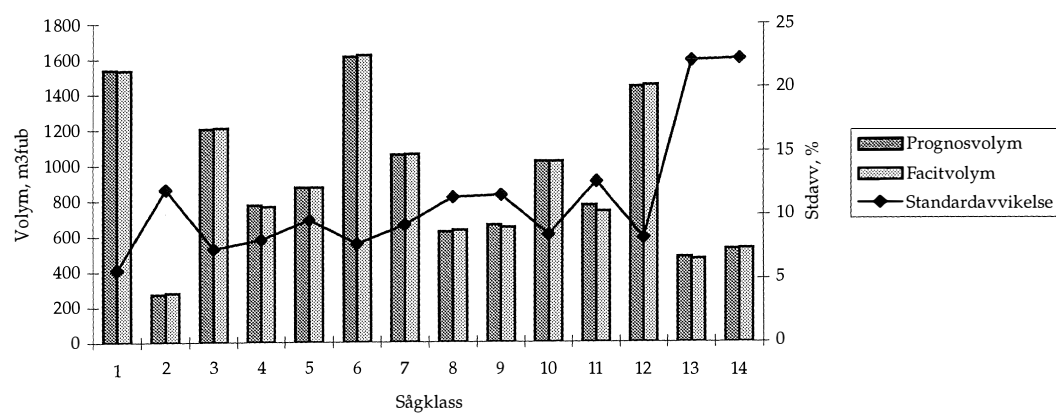
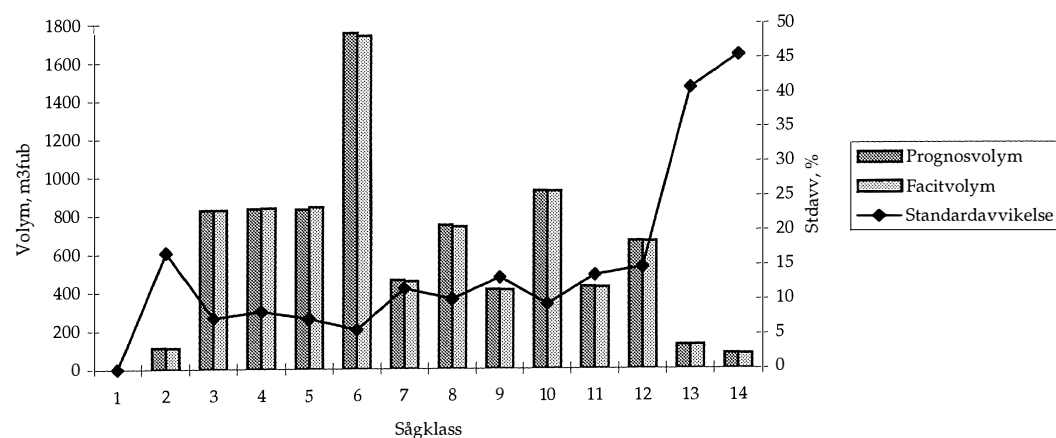
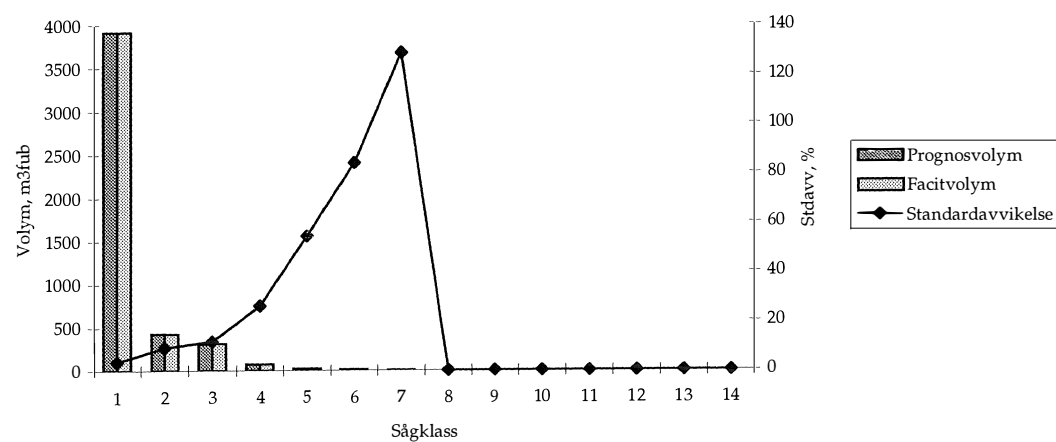


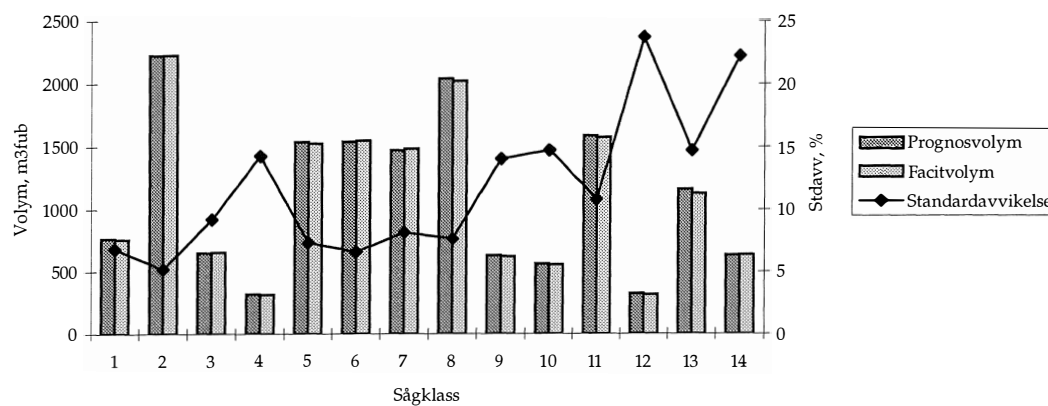
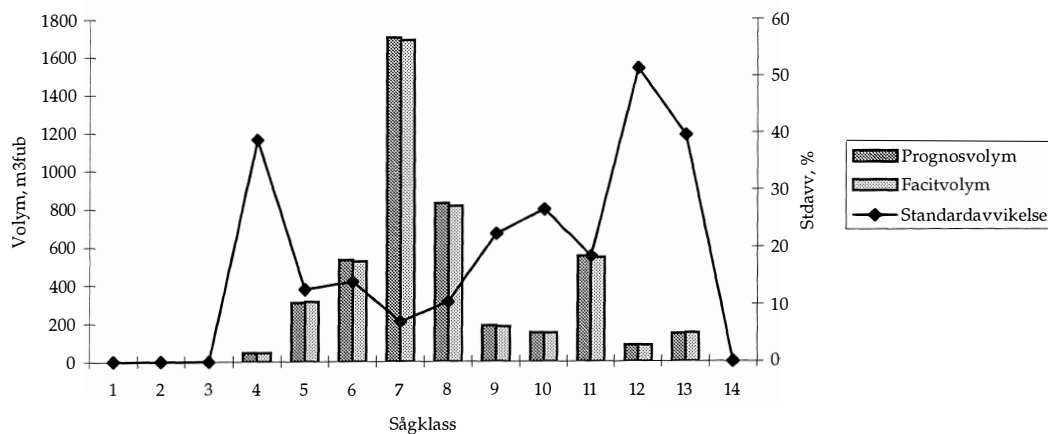
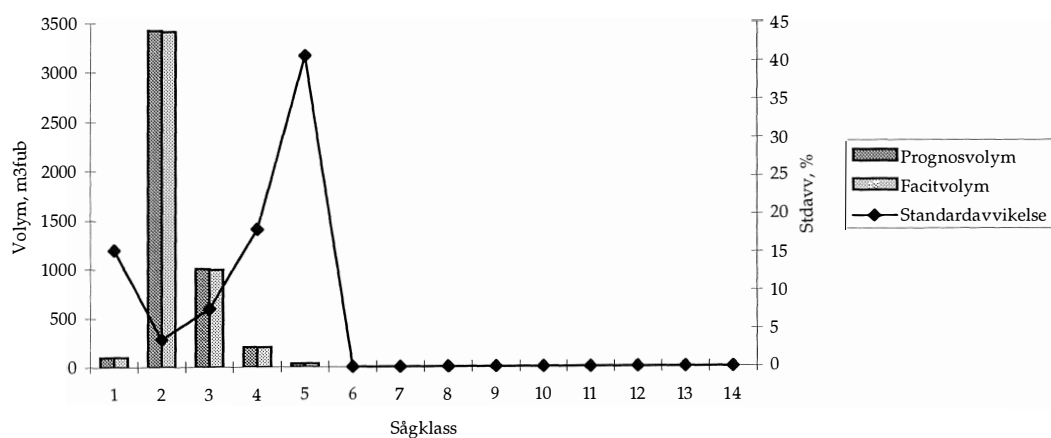
Inventering med 2 provtytor.
Gran, toppstockar.



Inventering med 10 provvytor.

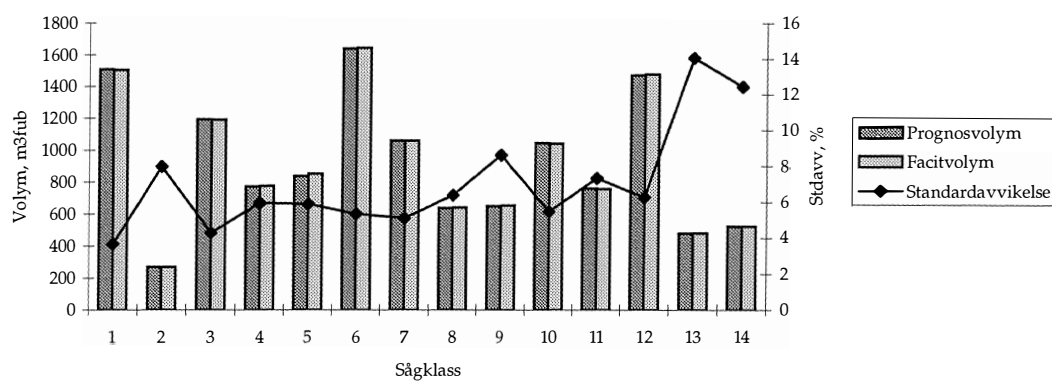
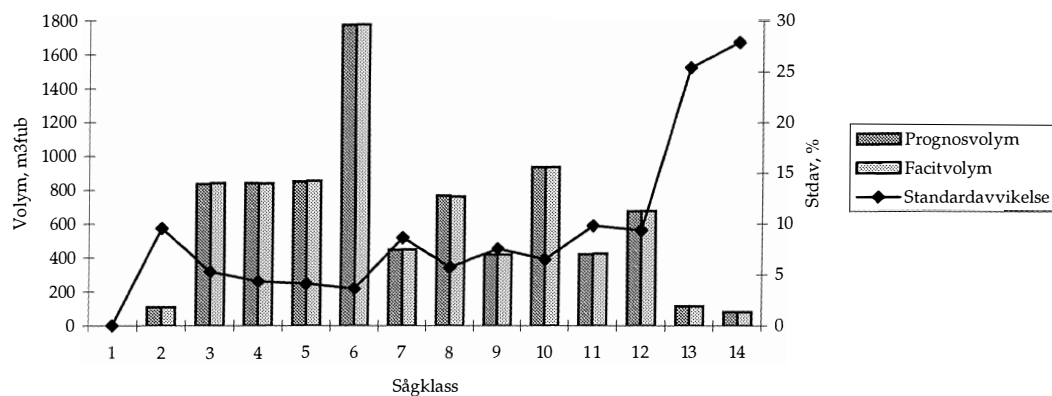
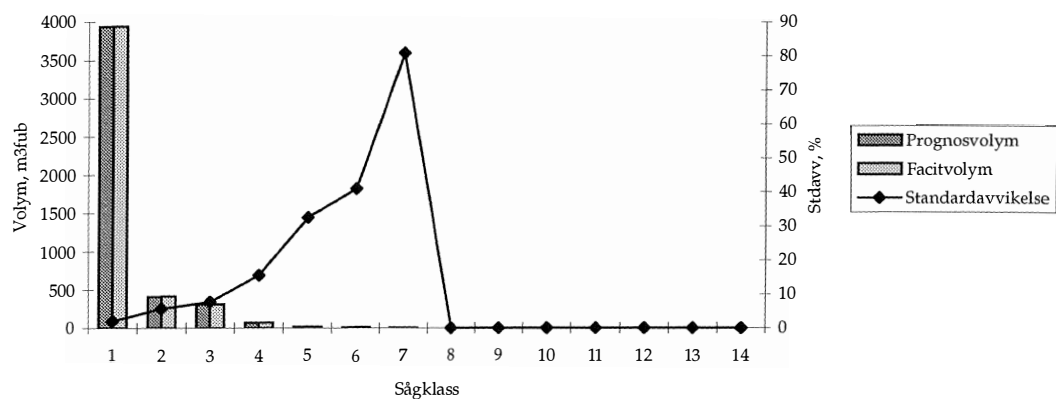
Skattning av volym och relativ standardsavvikelse för skattningen.

**Inventering med 10 provvytor.
Tall, rotstockar.****Inventering med 10 provvytor.
Tall, mellanstockar.****Inventering med 10 provvytor.
Tall, toppstockar.**

Inventering med 10 provytor.**Skattning av volym och relativ standardsavvikelse för skattningen.****Inventering med 10 provytor.****Gran, rotstockar.****Inventering med 10 provytor.****Gran, mellanstockar.****Inventering med 10 provytor.****Gran, toppstockar.**

Inventering med 25 provytor.

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

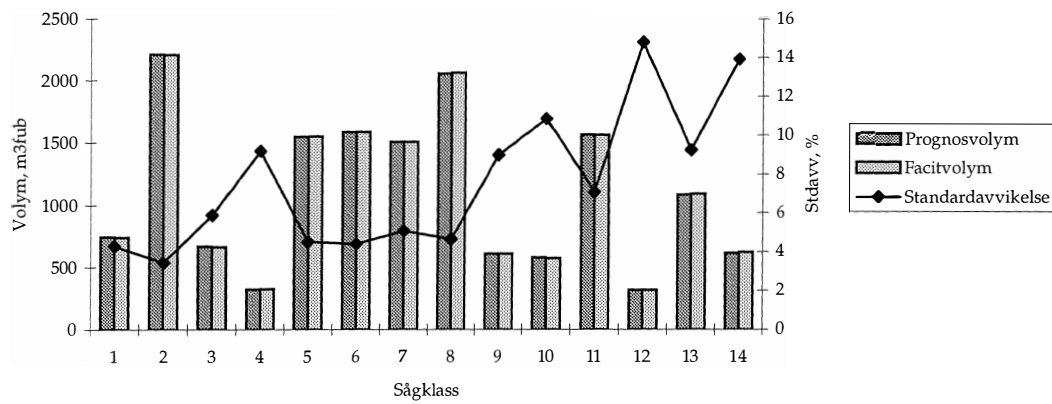
Inventering med 25 provytor.
Tall, rotstockar.Inventering med 25 provytor.
Tall, mellanstockar.Inventering med 25 provytor.
Tall, toppstockar.

Inventering med 25 provytor.

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

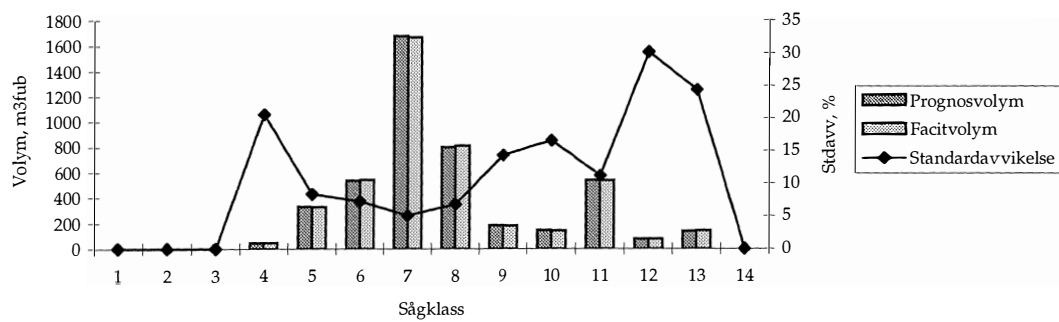
Inventering med 25 provytor.

Gran, rotstockar.



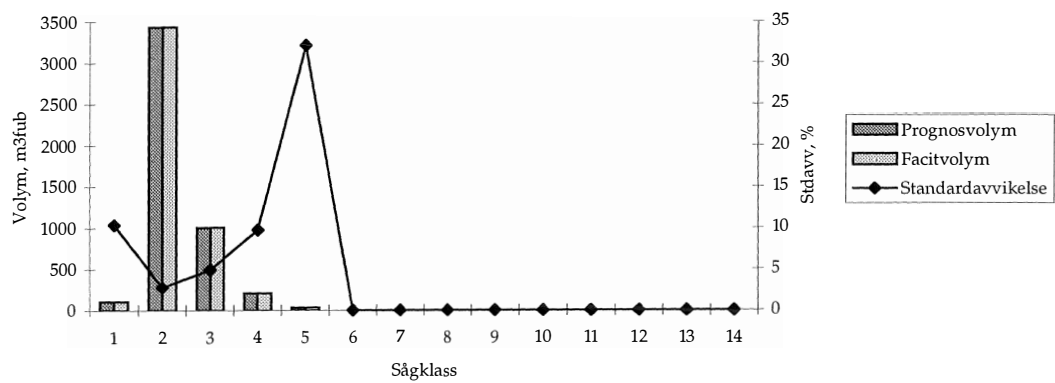
Inventering med 25 provytor.

Gran, mellanstockar.



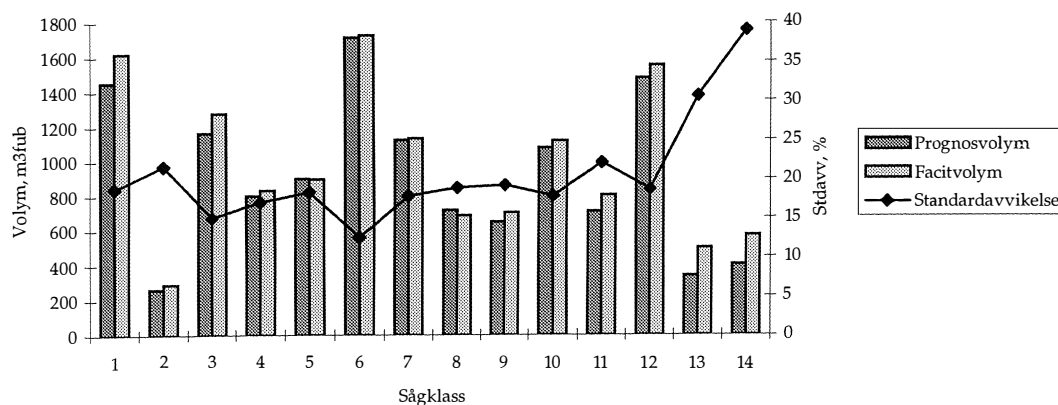
Inventering med 25 provytor.

Gran, toppstockar.

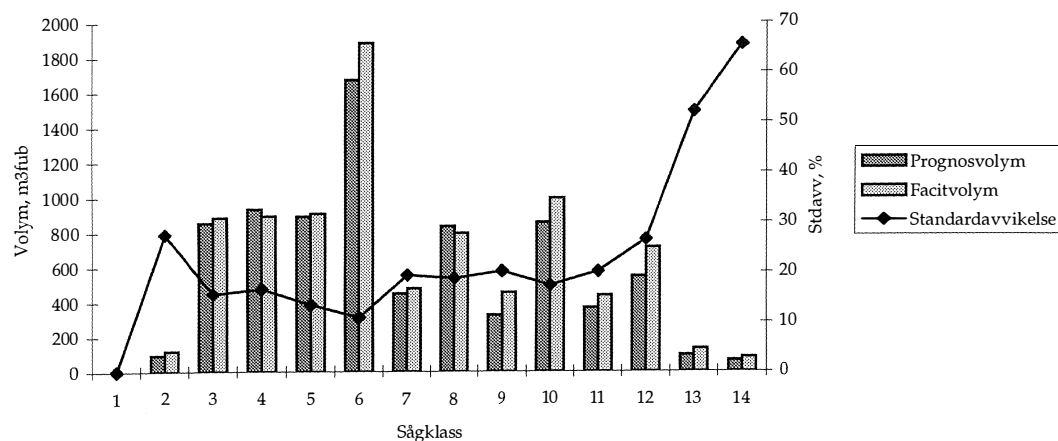


Registerdata som koppling till databank med inventerade avdelningar. Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

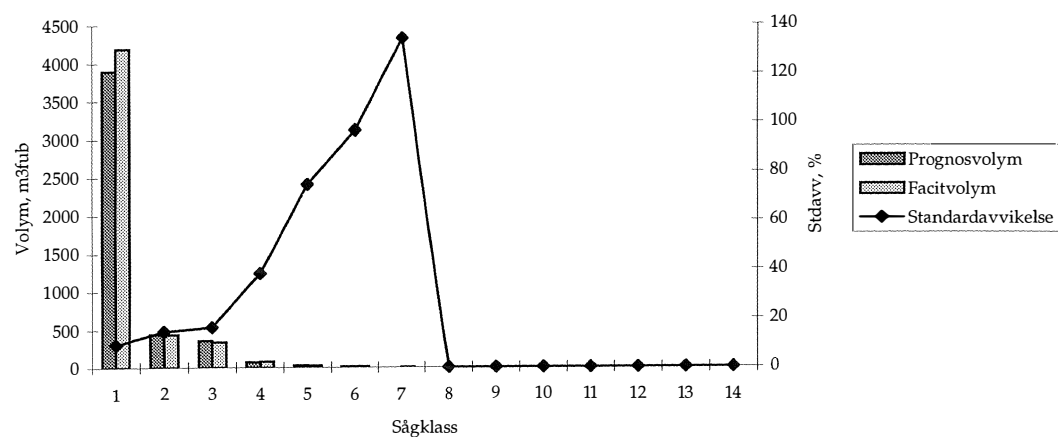
Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Tall, rotstockar.



Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Tall, mellanstockar.

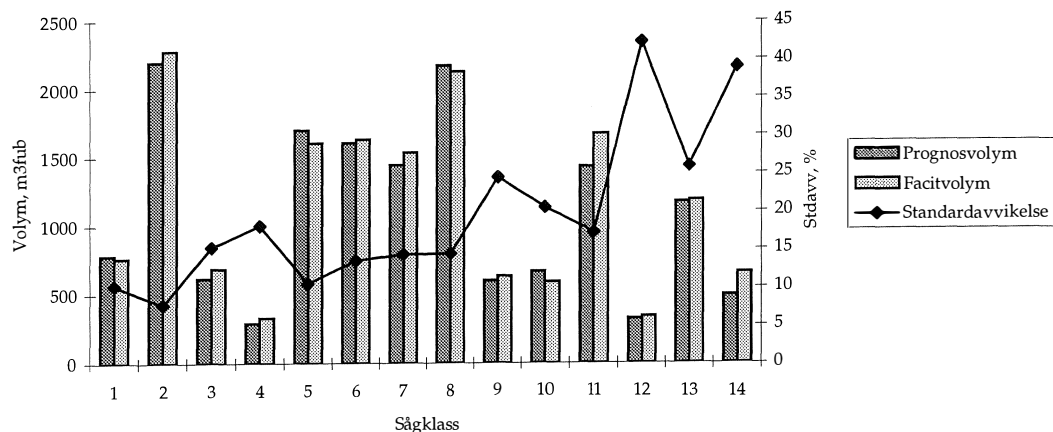


Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Tall, toppstockar

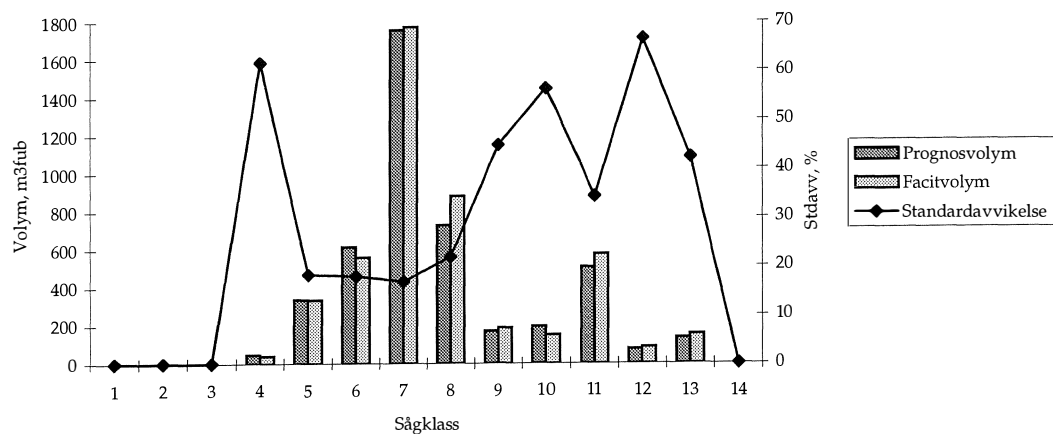


**Registerdata som koppling till databank med inventerade avdelningar.
Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.**

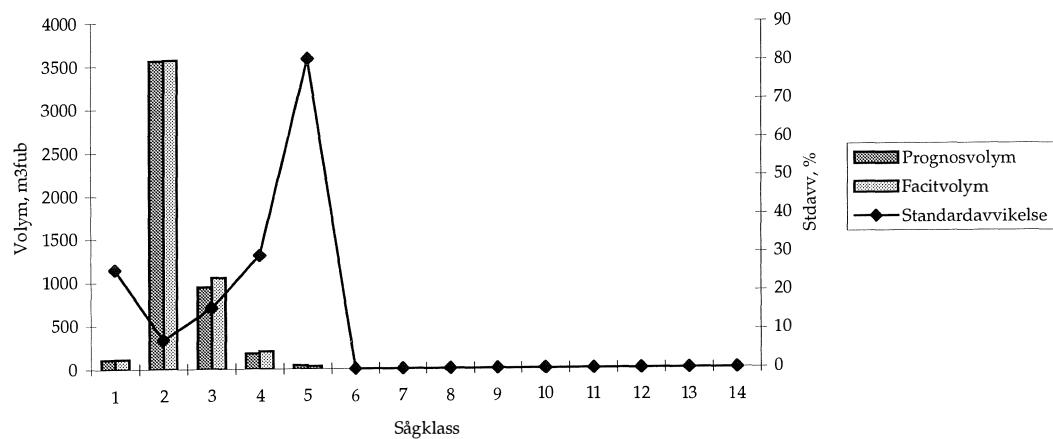
**Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Gran, rotstockar.**



**Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Gran, mellanstockar.**

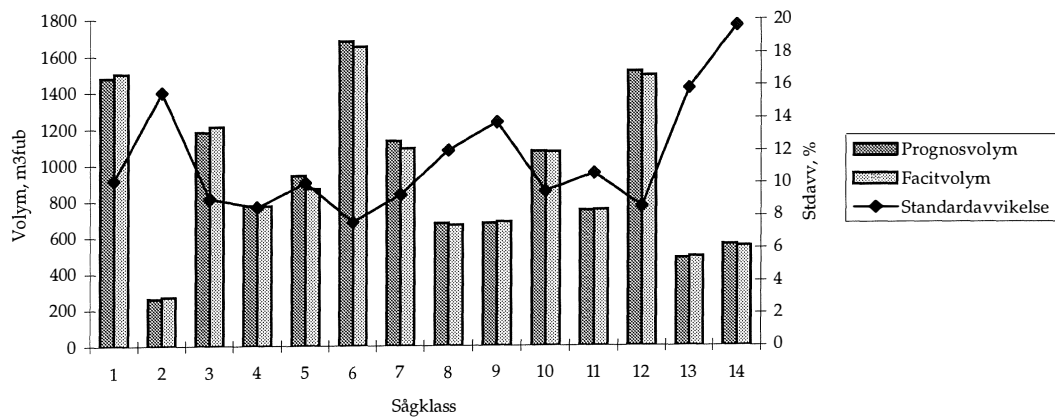


**Registerdata som koppling till substitutavdelning.
Gran, toppstockar.**

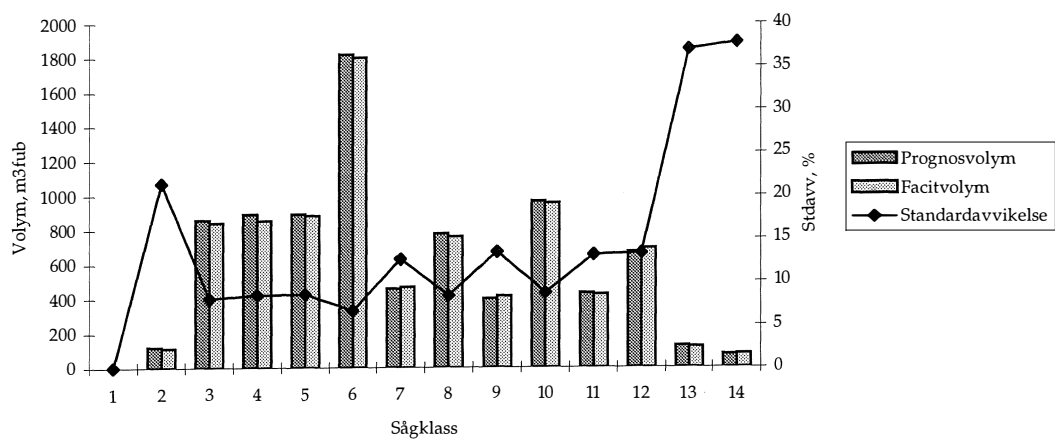


Anpassad inventering "Medel".
Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

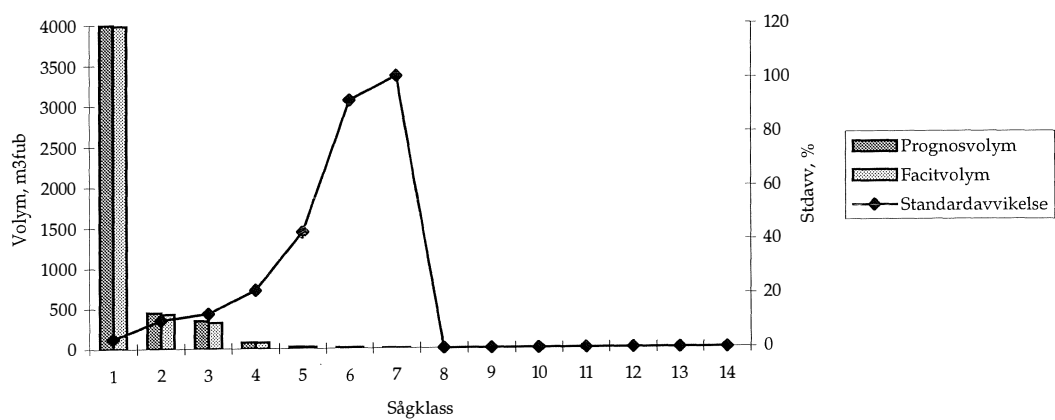
Anpassning "Medel".
Tall, rotstockar.



Anpassning "Medel".
Tall, mellanstockar.



Anpassning "Medel".
Tall, toppstockar.

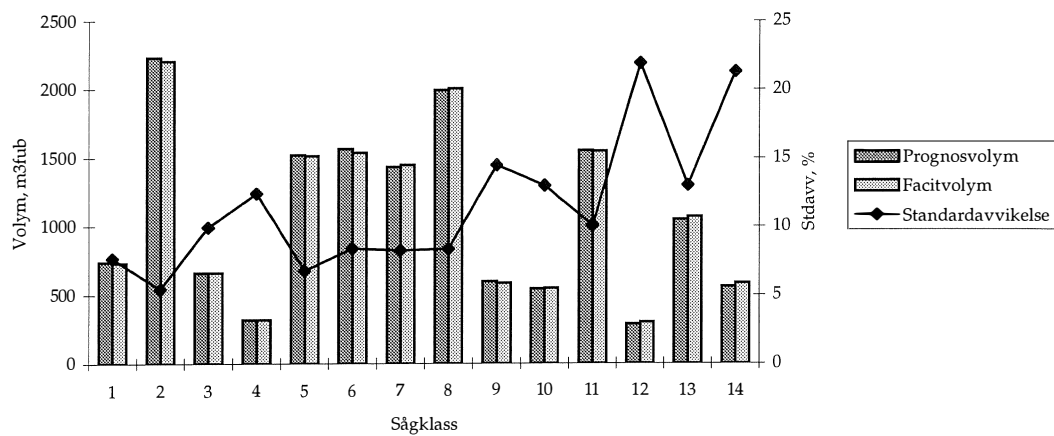


Anpassad inventering "Medel".

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

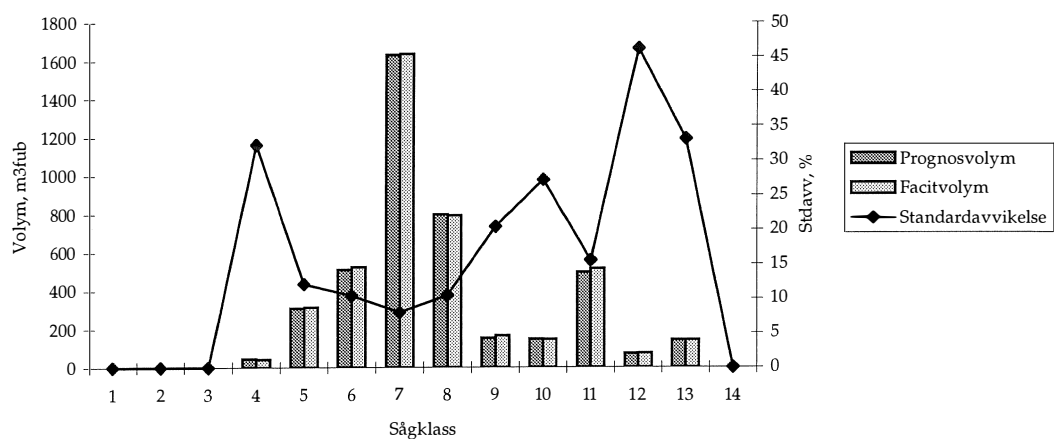
Anpassning "Medel".

Gran, rotstockar.



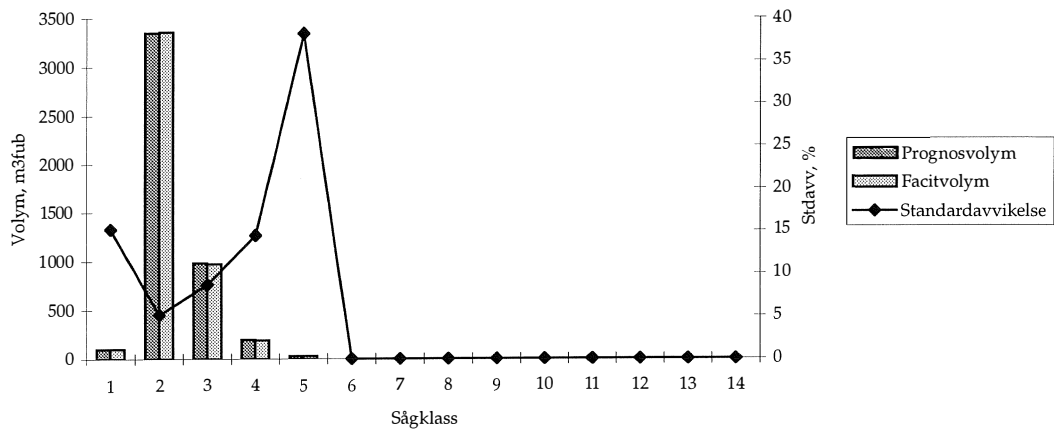
Anpassning "Medel".

Gran, mellanstockar.

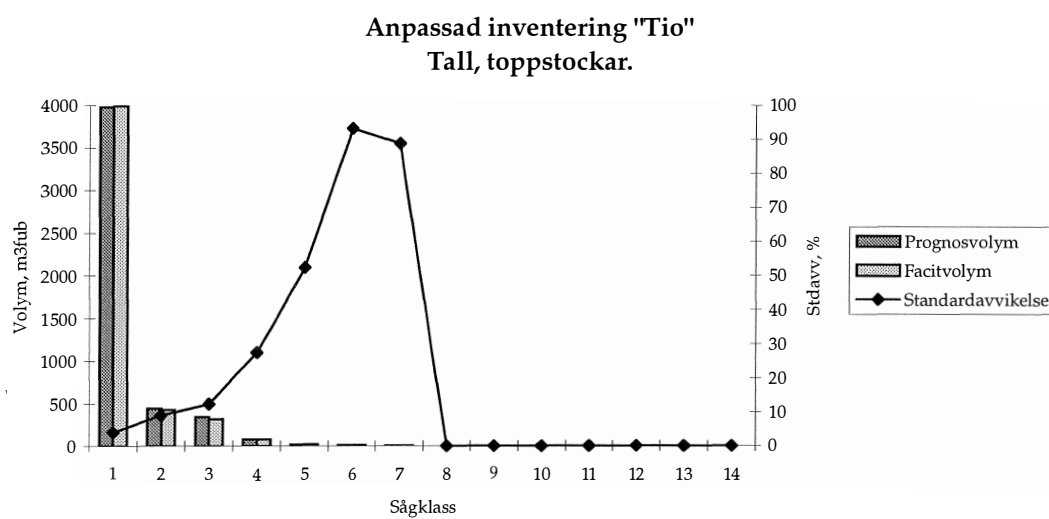
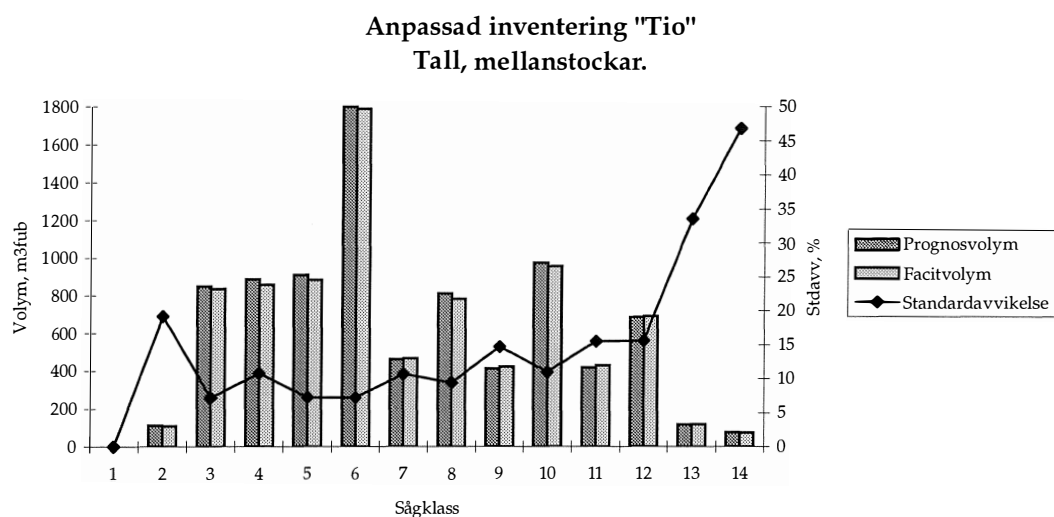
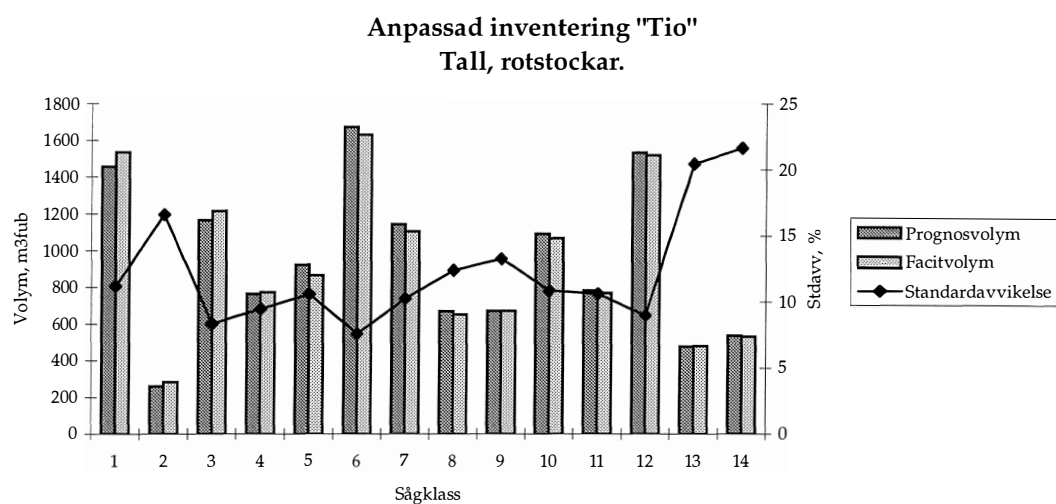


Anpassning "Medel".

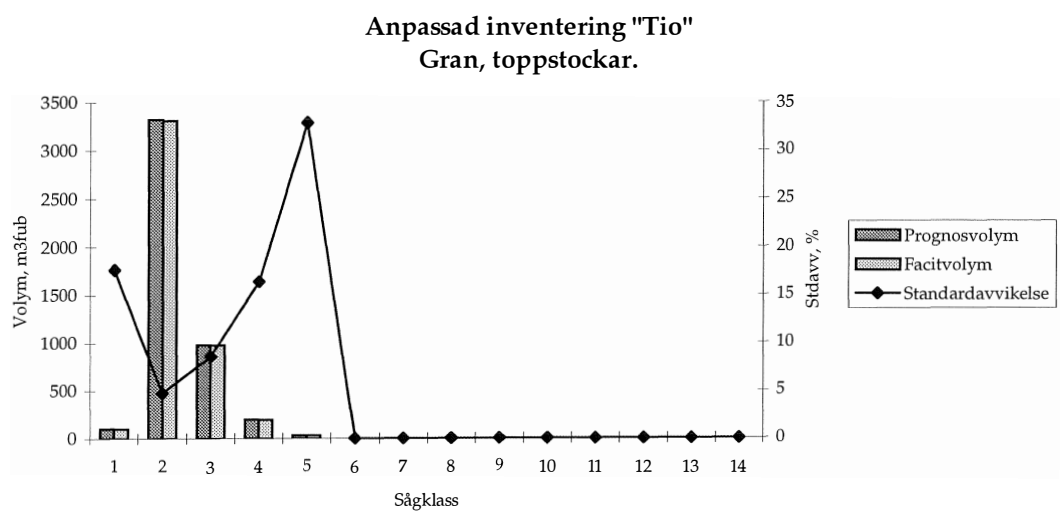
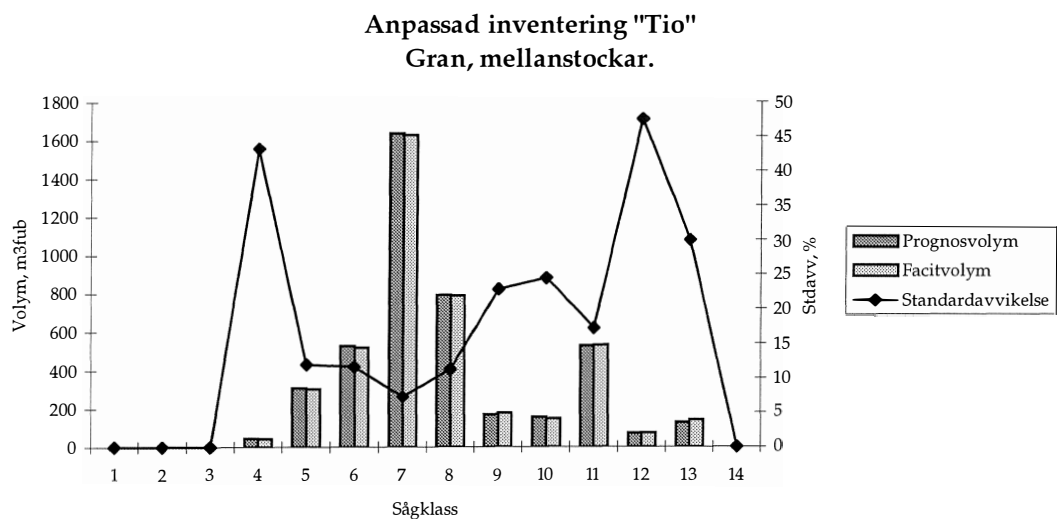
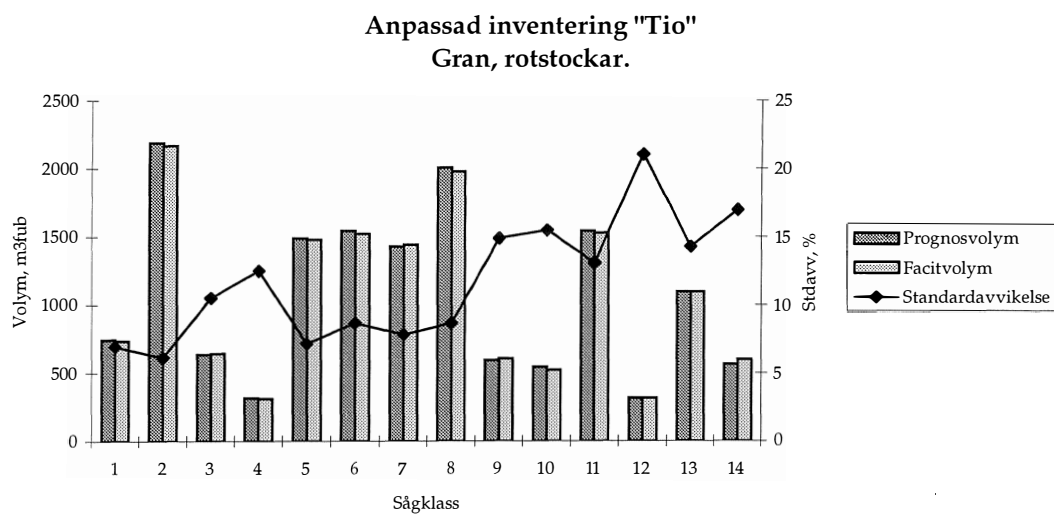
Gran, toppstockar.



Anpassad inventering "Tio".
Skattning av volym och relativ standardavvikelse.

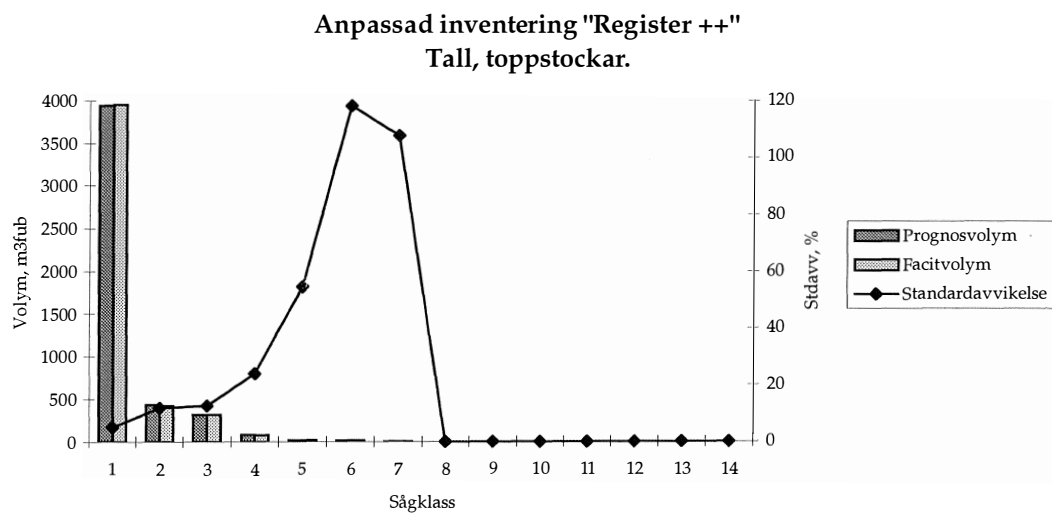
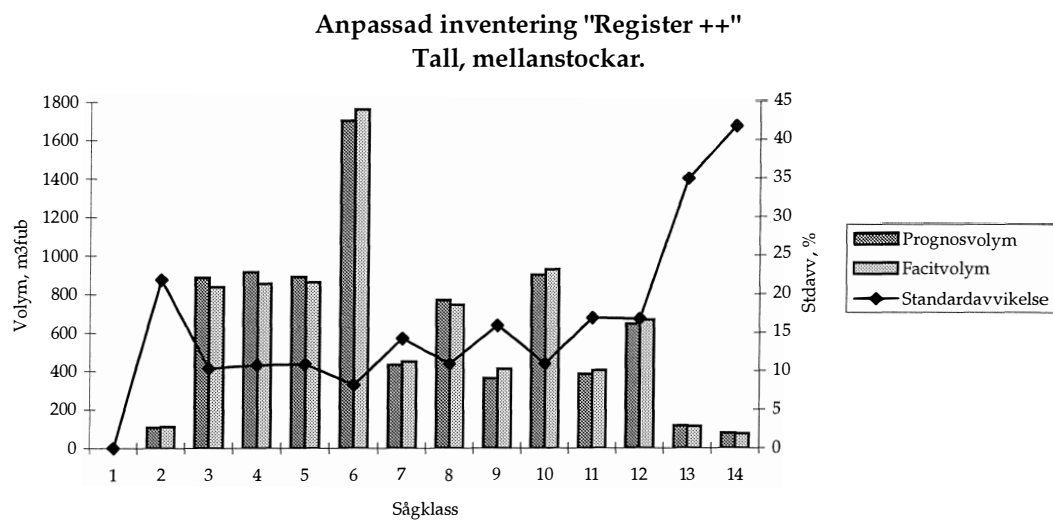
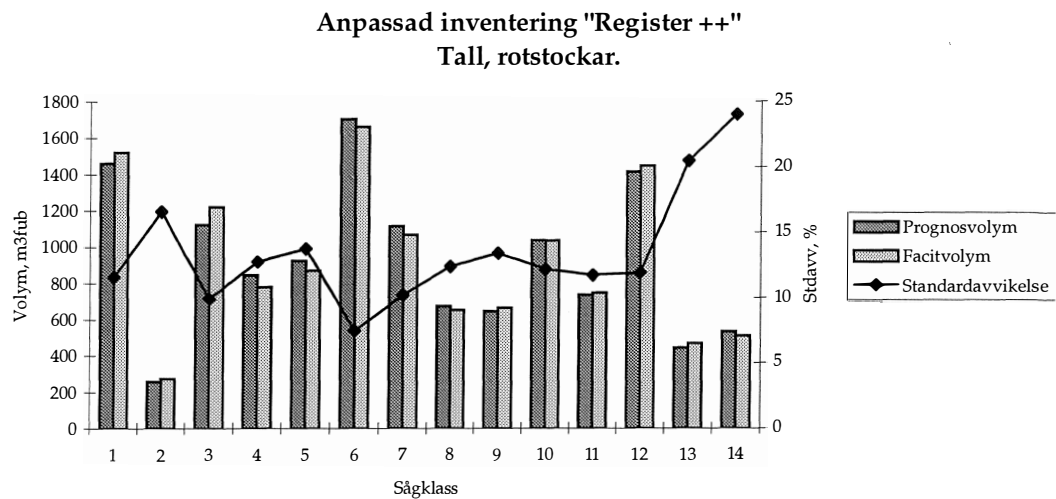


Anpassad inventering "Tio".
Skattning av volym och relativ standardavvikelse.



Anpassad inventering "Register ++"

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

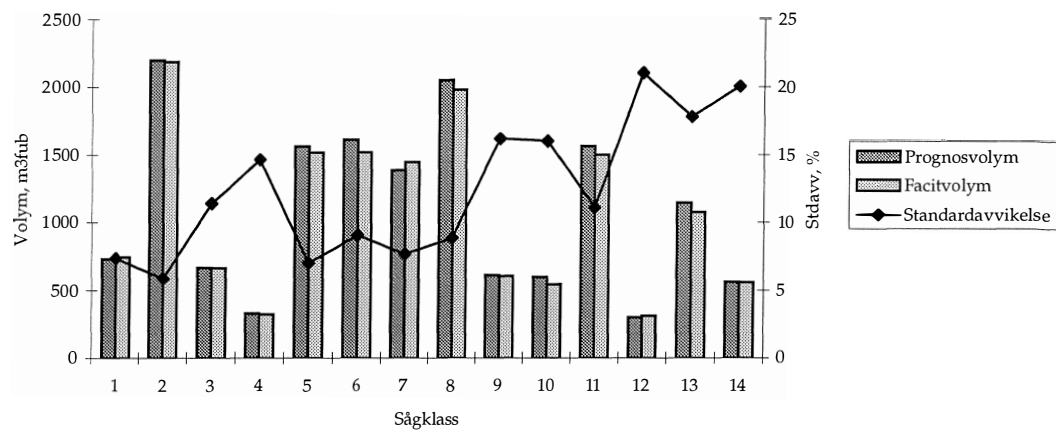


Anpassad inventering "Register ++"

Skattning av volym och relativ standardavvikelse för skattningen.

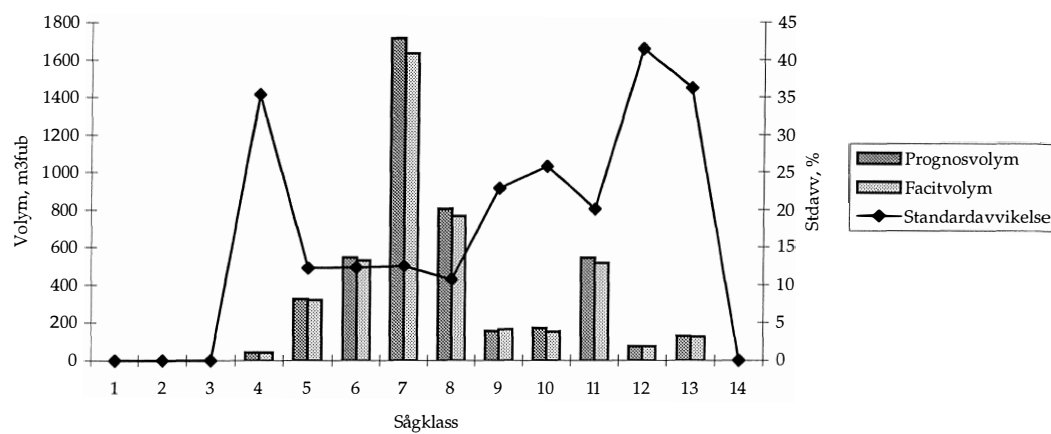
Anpassad inventering "Register ++"

Gran, rotstockar.



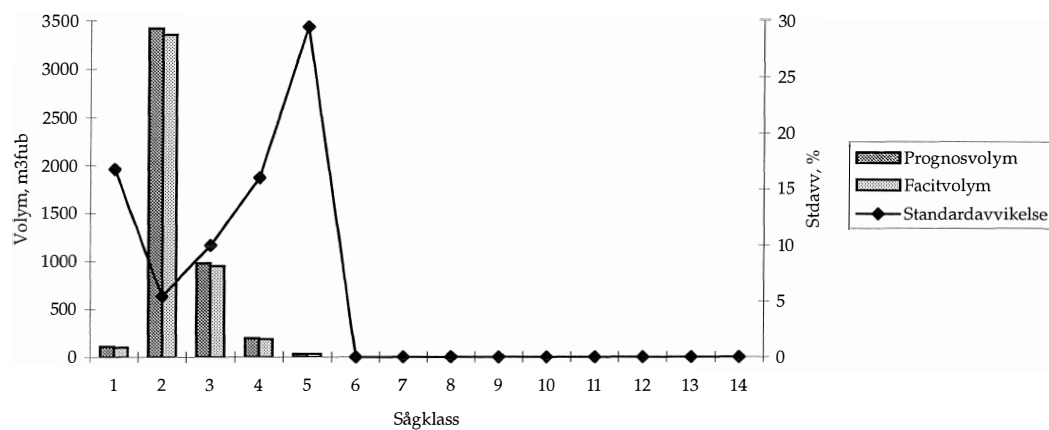
Anpassad inventering "Register ++"

Gran, mellanstockar.



Anpassad inventering "Register ++"

Gran, toppstockar.



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. ISRN SLU-SRG--11--SE.